



**Р. ДОБРОТИН**



# **О КИСЛОТАХ И СОЛЯХ**

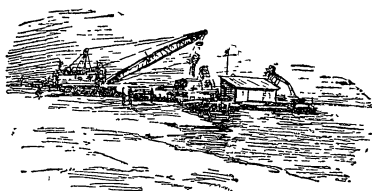


ДЕТГИЗ — ЛЕНИНГРАД — 1955

В П О М О Щ Ь Ш К О Л Ь Н И К У

Р. ДОБРОТИН

# О КИСЛОТАХ И СОЛЯХ



РИСУНКИ  
Н. КУСТОВА и Е. ВОЙШВИЛЛО

*Государственное Издательство Детской Литературы  
Министерства Просвещения РСФСР  
Ленинград 1955*

*Литературная редакция*  
*М. И в и н а*



## ГЛАВА I

### КИСЛОТЫ, СОЛИ И ЩЕЛОЧИ

#### «Гнилой» камень

Под Ленинградом, на Карельском перешейке, а также в некоторых районах Карело-Финской ССР можно встретить огромные валуны. Это следы работы ледника, некогда, десятки тысяч лет назад, покрывавшего большую часть Европы.

Одни валуны, разбросанные по лесам и пашням, оголены, другие покрыты плотной шубой мха, третьи поросли кустарниками.

Есть камни, достигающие размеров скал. На них растут сосны и ели. Под пологом деревьев развиваются кустики черники и брусники.

Снимем с такого камня мягкий пушистый мох, соскрежем слой земли. Обнажив поверхность валуна, мы убедимся, что гранит под мхом превратился в красноватую труху, которая рассыпается под ударом палки.

Отчего «сгнил» крепчайший гранит — минерал, всегда служивший олицетворением прочности?

Присмотримся к валуну, который еще не успел зарастить мхом. Мы увидим на поверхности гранита темносерые пятна. Это лишайники — растения, которые отличаются исключительной выносливостью и неприхотливостью. Они могут развиваться и на вершинах скалистых гор, где не выживает ни одно растение, и на глинистых, затвердевших бесплодных участках пустыни, и в суровом климате Заполярья.

И вот оказалось, что лишайники способны выделять особые едкие вещества. Попадая в мельчайшие трещинки на поверхности камня, эти вещества постепенно разъедают гранит, превращают его в труху. Ветер наносит на камень песчинки. Они задерживаются в разрыхленном граните. Пройдет еще много лет, на камне появятся мхи, потом прорастут занесенные ветром семена кустарников и даже деревьев. Лишайники, выделяющие едкие вещества, таким образом, как бы подготовили почву для других, высших растений.

Что за вещества выделяют лишайники? Лишайниковые кислоты. Эти кислоты и разъедают гранит.

Кислот вообще очень много. Они содержатся в пище, которую мы потребляем; их добывают искусственным путем в лабораториях, на заводах; они образуются в природе.

С древнейших времен известна людям уксусная кислота. Древние египтяне знали, например, что в этой кислоте можно растворить жемчуг. В течение многих веков укус был единственной известной людям кислотой.

Всем знаком вкус лимонной кислоты, — она содержится в плодах лимона.

Из жиров можно выделить стеариновую кислоту. Она содержится в жирах в соединении с другими веществами.

Из коровьего масла можно получить масляную кислоту.

В листьях щавеля много щавелевой кислоты. В валерианке есть валериановая кислота. А кому не доводилось попадать в заросли жгучей крапивы? Кра-

пива обжигает кожу оттого, что в ее волосках содержится муравьиная кислота. Названа она, эта кислота, муравьиной потому, что добыта впервые из жидкости, выделяемой муравьями.

Среди кислот есть такие, как серная, которая облуживает дерево, и такие, как плавиковая, разъедающая стекло, но не оказывающая никакого воздействия на мягкий парафин. Есть кислоты чрезвычайно ядовитые (синильная), есть целебные (аскорбиновая) и дезинфицирующие (борная). Угольная кислота содержит углерод — основу всего живого. Без серной и азотной кислот не могли бы развиваться многие отрасли промышленности.

Кислоты очень разнообразны не только по своим свойствам, но и по внешнему виду. Есть среди них густые, как масло (фосфорная), твердые, похожие на куски льда (очень чистая уксусная), в виде белых чешуек (борная) и в виде студня (кремневая).

Кислоты можно получать из самых разнообразных веществ. Не только сера, азот, углерод, но мышьяк, иод, бром могут давать кислоту.

Уже из этого перечисления видно, как разнообразны, как не похожи одна на другую кислоты.

Что же всё-таки общего кислотами и как их отличить от других веществ? Почему мы объединяем под одним названием прозрачный сок лимона, придающий приятный вкус чаю, и белые кристаллики борной кислоты?

То, что кисло и едко, то и есть кислота, — ответят многие.

В таком ответе есть доля истины. Кислотам действительно свойственны кислый вкус и едкость. Но это не значит, что все кислоты кислы на вкус и едки. Есть совсем «безобидные», неедкие кислоты. Есть горькие кислоты, есть кислоты «безвкусные», есть даже кислоты сладкие.

Именно так — сладкая кислота!

Сладкий вкус имеет салициловая кислота. Она широко применяется в медицине при лечении суставного ревматизма и как жаропонижающее. Салициловая кислота является также хорошим противогнилостным средством.

Сложные, получаемые при разложении белков, аминокислоты тоже сладки. Эти кислоты играют весьма важную роль в нашем организме. Когда белки, содержащиеся в пище, попадают в желудок, они сначала разлагаются на аминокислоты. Эти-то кислоты и всасываются стенками кишечника. Потом из аминокислот в организме снова образуются белки.

Горька на вкус пикриновая кислота. Эта кислота и ее соли являются сильными взрывчатыми веществами.

## Кислота и кислород

Могут всё-таки возразить: какая же это кислота, если она имеет сладкий или горький вкус?

Дело в том, что общим для всех кислот признаком является не их вкус, а особенность состава.

Все кислоты имеют общие черты в своем составе. Другими словами, все кислоты имеют некоторые общие составные части.

Но прежде нужно сказать несколько слов о том, что такое вообще «состав» вещества и «составные части».

Знаком ли вам медный купорос? Этот синий кристаллический порошок при прокаливании белеет, потом темнеет и превращается, наконец, в темную массу. Из такой массы можно выделить металл — медь. Само собой понятно, что в медном купоросе есть медь. Она и является одной из составных частей купороса.

Но в медном купоросе содержится не только медь. Если внимательно следить за разложением, можно заметить еще выделение паров воды и какого-то сильно пахнущего газа. Эти вещества также являются составными частями медного купороса.

Итак, медный купорос — сложное вещество. Сложное потому, что имеет много составных частей, одной из которых является медь.

Вот эта-то совокупность составных частей и называется составом вещества.

Можно сказать, что все вещества состоят из других веществ, так же, как слова состоят из букв. Бывают слова, содержащие две или одну букву. Так и с веществами. Вместе со сложными веществами, имеющими много составных частей (например, медный купорос), встречаются такие вещества, в которых всего одна составная часть, — это так называемые простые вещества.



Так получали медный купорос в средние века.

Зная составные части вещества, можно объяснить превращение вещества.

Каждому, наверно, известна широко распространенная игра: из букв одного какого-нибудь слова составить несколько других слов. Например, из слова *пароход* можно составить слова: *род*, *поход*, *порода* и другие. Этих слов иногда может получиться довольно много, и они будут очень сильно отличаться друг от друга. Тем не менее, их число всё-таки ограничено тем небольшим количеством букв, которые содержатся в исходном слове.

То же происходит и с веществами. Из составных частей одного вещества, точно так же, как из букв исходного слова, получается несколько очень сильно различающихся друг от друга веществ. Однако все они будут только разными комбинациями составных частей первого вещества. И подобно тому, как нельзя из букв, составляющих слово *пароход*, составить какое угодно слово (например, *велосипед* или *телефон*), так же точно из составных частей медного купороса можно получить медь, но нельзя приготовить какое угодно вещество (например, поваренную соль, сахар, золото). Просто в медном купоросе нет тех составных частей, которые составляют соль, сахар и золото.

Конечно, нельзя при этом забывать, что буква



в слове не меняется. Другое дело — составная часть вещества. Медь, сделавшись составной частью медного купороса, теряет свой обычный вид блестящего, желтоватого металла. Всем известно, что медный купорос представляет собой синие, хорошо растворяющиеся в воде кристаллы. Водород и кислород, входя в состав воды, также не проявляют в ней своих обычных свойств.

Так можно представить себе состав веществ и их превращения.

Но оказалось, что точно изучить все составные части вещества, узнать его состав не так уж легко. В тех случаях, когда при разложении вещества его составные части не улетучиваются, дело обстоит просто.

Но иногда при разложении может выделяться газ. Это вещество очень часто невидимо, очень мало весит, иногда лишено запаха, а главное, не успев образоваться, исчезает в воздухе. Его появление древние ученые могли вообще не заметить, а если иногда и замечали, то не умели газ задержать, собрать и изучить. Как птица, выпущенная из клетки, газ исчезал в воздухе, унося с собой несколько составных частей вещества и вместе с ними тайну его состава.

Между тем, при разложении веществ газы встречались особенно часто. И пока химики не научились их исследовать, изучение составных частей веществ двигалось очень медленно.

Поэтому на изучение газов ученые обратили особое внимание. На некоторое время изучение газов стало основной задачей химиков. И скоро удалось обнаружить очень интересные свойства газов.

Стоит только бросить небольшой кусочек мрамора или мела, скажем, в уксусную кислоту, как начинается бурное кипе-



Вот как представляли алхимики превращение веществ. Птицы — это улетающие газы.

ние и тысячи мельчайших пузырьков поднимаются к поверхности. Объем газа, который выделяется при этом, в 600 раз превосходит объем взятого кусочка мрамора.

Как из этих твердых веществ образуются газы?

Настоящего объяснения всем этим явлениям долго не могли найти.

До середины XVIII века наука ничего не знала о различных газах. Газ, выделяющийся от действия кислот на мрамор или на металл, газ, образующийся при взрыве пороха, газ, выделяющийся при брожении, — всё это считалось воздухом, который будто бы содержится в мельчайших порах или «теснинах» этих веществ.

Очень много сделал для изучения газов великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов.

«Бесполезно тому очи, — писал он, — кто желает видеть внутренность вещи, лишаясь рук к отверстию оного. Бесполезно тому руки, кто к рассмотрению открытых вещей очей не имеет. Химия руками, математика очами физическими по справедливости называться может».

Так говорил и так поступал М. В. Ломоносов.

Ломоносов не только наблюдал за превращением веществ, но и повсюду старался произвести точные определения веса, объема и других свойств, то есть применить математику и физику в химии. Так Ломоносов превратил химию в точную науку. Химия вступила в новый период развития, — период точных измерений.

Больше всего Ломоносов уделял внимание измерению веса тел. Он удивлялся, что до него все, даже очень известные ученые не придавали большого на-



Михаил Васильевич Ломоносов.

учного значения показанию этого точнейшего физического прибора. Ломоносов твердо ввел весы в обиход химической лаборатории.

После введения в химию весов продвинулось вперед и изучение газов.

Изучая с помощью весов различные химические превращения, Ломоносов, в частности, заинтересовался процессом, происходящим при прокаливании металлов. Процесс прокаливания, или обжига, металлов был известен давно. Давно знали, что при сильном нагревании многие металлы теряли свой блеск и ковкость и превращались в серый рассыпчатый порошок — окалину. Что происходит при этом с металлом, теряет ли он какую-нибудь составную часть, или, наоборот, сам соединяется с чем-нибудь, — никто не знал. Только Ломоносов с помощью точных взвешиваний разрешил эту загадку.

Прежде всего Ломоносов подтвердил опытом уже известный факт, — что вес металла при прокаливании увеличивается. Но дальше возникал вопрос: за счет чего происходит это увеличение веса? Наверное, какое-нибудь вещество при прокаливании присоединилось к металлу. Какое же? Ведь около металла не было других веществ, кроме воздуха. Значит, тут дело именно в нем. Один только воздух, присоединившись к металлу, и мог послужить причиной увеличения веса. Но пока это только догадка. Ее нужно проверить.

Для этого Ломоносов стал прокаливать металлы в закрытом сосуде, чтобы внешний воздух к нему не поступал. Как он и предполагал, вес сосуда с металлом после прокаливания в этом случае не изменился. Ведь если во время прокаливания воздух, находящийся в закрытом сосуде, и соединился с металлом, то общий вес сосуда не должен был меняться, так как наружный воздух попасть к металлу в сосуд не мог. Значит, действительно только один воздух, соединяясь с металлом, увеличивает при прокаливании его вес.

Подобный же опыт делал и до Ломоносова английский химик Бойль. Однако он допускал одну ошибку: открывал свой сосуд перед взвешиванием. Ученый не принял во внимание, что, открывая сосуд, он впускает в него новую порцию воздуха, взамен того, который со-

единился с металлом. Понятно, что вес сосуда при этом увеличился.

Так Ломоносов подтвердил свое предположение, что при прокаливании часть воздуха соединяется с металлом, в результате чего и получается окалина.

Но какая часть воздуха присоединяется к металлу во время прокаливании? И вообще—является ли воздух одним веществом, или смесью разных газов? А если это смесь, то какие газы входят в ее состав?

Эти вопросы были разрешены позднее.

В 1774 году английский химик Пристли, изучая газы, проделал такой опыт: он поместил в банку, наполненную ртутью, немного ртутной окислы. Плотнo закрыв банку, Пристли направил на нее свет через сильное зажигательное стекло. Пристли рассчитывал, что при нагревании ртутной окислы из нее начнет выделяться какой-нибудь газ и этот газ, расширяясь, будет вытеснять ртуть из банки.

Так в действительности и произошло. Выделился новый газ, который обладал удивительными свойствами. Обычная свеча в таком газе горела особенно ярким пламенем. Попробовав вдохнуть этот газ, Пристли обнаружил, что он как-то особенно облегчает дыхание и напоминает свежий воздух гор.

Однако на этом Пристли и остановился. Он не сделал больше никаких выводов из своего открытия. Он ограничился тем, что предсказал новому газу большое применение в медицине для облегчения дыхания и ре-



Лавуазье со своим другом, французским химиком Бертолле, в лаборатории.

комендовал его тем, кто захочет доставить себе удовольствие подышать свежим горным воздухом, не выходя из своей комнаты.

Беликий французский химик Антуан Лавуазье через несколько лет повторил опыты Пристли. Он рассуждал так: если из ртутной окалины выделяется газ и окалина при этом превращается в металл, то не есть ли этот газ тот самый газ, который содержится в воздухе и соединяется с металлами, превращая их в окалины?

Многочисленными, тщательными опытами он проверил это предположение. Оно оказалось совершенно верным.

Так была открыта составная часть воздуха, соединяющаяся с металлами, превращающая их в окалины и увеличивающая их вес.

Лавуазье назвал эту составную часть воздуха, этот новый газ, к и с л о р о д о м.

### Что служит «кислотвором»?

Лавуазье назвал новый газ кислородом. Почему он выбрал такое название? Ведь кислород значит: «рождающий кислоты». Но мы пока только видели, что, соединяясь с металлами, кислород дает окалины.

Однако, изучая действие кислорода на различные другие вещества, Лавуазье заметил, что соединения многих других веществ с кислородом, особенно если они попадают в воду, образуют кислоты. В большинстве случаев это были не похожие на металл вещества: сера, фосфор. Действительно, образующиеся при горении серы и фосфора вещества давали с водой кислоты.

Основываясь на этих опытах, Лавуазье решил, что кислород и есть именно та составная часть, которая характерна для всех кислот.

Так была создана кислородная теория кислот. Она имела большое значение для науки и продержалась очень долго. Но потом были добыты факты, которые заставили ученых пересмотреть теорию Лавуазье.

Если кислород входит в состав каждой кислоты,—

рассуждали ученые, взявшие под сомнение теорию Лавуазье, — то в каждой кислоте этот газ можно обнаружить. Но вот в соляной кислоте никак не удавалось открыть присутствие кислорода.

Соляная кислота была известна Лавуазье. Но, не найдя в ней кислорода, он просто решил, что этот газ в соляной кислоте прочно соединен с другим, неизвестным веществом, названным Лавуазье «мурием». Однако, как ни бились химики, как ни старались, ни кислорода, ни самого «мурия» в соляной кислоте найти не удалось.

Тогда-то и возникло сомнение в том, что кислород действительно является «кислотвором», то есть обязательно присутствует во всех кислотах.

Значит, поиски общей составной части всех кислот надо было продолжить.

Очень скоро обнаружили, что во всех кислотах обязательно присутствует другое важное вещество — водород. Кислород может быть, а может и не быть в кислоте, но водород обязательно должен в ней присутствовать. Он есть и в соляной, и в серной, и в азотной, и в других кислотах.

Что же представляет собою водород? Если его выделить в чистом виде, то это очень легкий газ. Он в четырнадцать с половиной раз легче воздуха.

Получил он свое название потому, что содержится в воде и может быть из нее выделен с помощью электрического тока или пропусканием водяного пара через слой раскаленного угля.

В составе воздуха, которым мы дышим, содержатся лишь ничтожные следы водорода. На земном шаре главная масса водорода находится в соединениях — в связанном состоянии, как говорят ученые. Водород входит в состав воды, нефти, различных природных газов. Водород есть во всех живых организмах.

Если взять не только наш земной шар, но вселенную в целом, то водород в ней — самый распространенный элемент. В атмосфере солнца, раскаленной до температуры многих тысяч градусов, водорода содержится более восьмидесяти процентов. С помощью спектроסקопа удалось обнаружить водород не только в солнечной атмосфере, но и на звездах.

Водород впервые был добыт искусственным путем в первой половине XVI века известным средневековым ученым Парацельсом. Легчайший газ стали использовать не только в лабораториях ученых, но и в технике. Водород применяется при автогенной сварке металлов, где требуются очень высокие температуры. Его используют в химической промышленности — для производства минеральных удобрений, для превращения жидких жиров в твердые.

Но какова же роль водорода в кислотах? Прежде всего, всякое ли вещество, содержащее водород, можно назвать кислотой?

Конечно, не всякое. В спирте около десяти процентов водорода, но он отнюдь не является кислотой. Водород есть в сахаре, в глицерине, а эти вещества, разумеется, тоже не кислоты.

Всё дело в том, что водород, содержащийся в кислоте, как бы ведет себя по-иному, не так, как в других веществах, хотя водород в кислоте остается тем же водородом. Для того, чтобы разобраться во всем этом, воспользуемся химическими формулами.

Мы уже говорили о составных частях веществ.

Но в каком виде входят эти составные части в состав разных тел?

Все вещества состоят из мельчайших частичек — атомов. Каждой составной части вещества соответствует свой вид атомов. Сколько видов атомов в веществе, столько в нем и составных частей. Кислород имеет одни атомы, водород — другие, медь — третьи и т. д. В сложном веществе все атомы соединены друг с другом в более крупную частичку.

Одним словом, атомы в веществах, как и составные части веществ, можно сравнить с буквами в словах. Подобно тому, как одна и та же буква может входить в разные слова, — подобно этому одни и те же атомы входят в состав разных веществ.

Химики условились обозначать каждую составную часть веществ своей буквой. Значит, каждый вид атомов обозначается особой буквой. Если сложное вещество содержит несколько атомов одного и того же вида, то, кроме буквы, обозначающей вид атома, пишут еще и цифру. Так получается своеобразное «хи-

мическое слово», выражающее состав вещества. Это и есть химическая формула.

Например, водород обозначается латинской буквой Н (первая буква латинского названия водорода — hydrogenium), кислород буквой — О (от слова oxigenium). Так как частички воды, как сложного вещества, состоят из двух атомов водорода и одного атома кислорода, то формула воды будет —  $\text{H}_2\text{O}$ .

Здесь буквы обозначают составные части, а цифры внизу — количества этих составных частей. В воде два атома водорода соединились с одним атомом кислорода.

Если выделить водород из кислоты, то он будет «вести» себя подобно водороду, выделенному из любого другого вещества. Но в составе кислоты водород «держит себя» по-особенному.

В чем же особенности «поведения» водорода, содержащегося в кислоте? В том, что водород, входящий в состав кислоты, легко замещается, или вытесняется, металлом. Это важнейшая особенность водорода, содержащегося в кислоте. Это и важнейшая особенность кислот вообще, которую надо хорошо запомнить.

Теперь кислотами и называют вещества, в составе которых находится водород, способный замещаться металлом. Кроме того, кислоты действуют на некоторые растительные краски, изменяя их цвет. Так, например, раствор особой растительной краски — лакмуса, имеющего фиолетовый цвет, под действием кислоты становится красным.

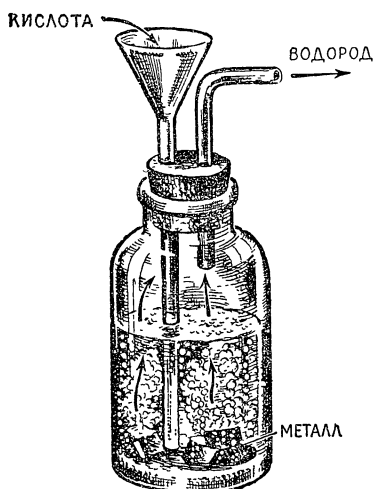
Это свойство кислот также является отличительной их особенностью.

## Кислота и соль

Что же получится в результате вытеснения водорода кислоты металлом?

Возьмем банку с раствором хорошо известной нам серной кислоты. Опустим в кислоту кусок металла, скажем, цинка. Мы сразу заметим, что цинк покрывается мелкими пузырьками газа. Газ этот — водород.





Цинк вытесняет из кислоты водород.

Если оставить цинк в серной кислоте долго, то металл совсем растворится.

Серная кислота содержит кроме кислорода и водорода обязательно серу (сера обозначается буквой S).

Формула серной кислоты:



Из этой формулы видно, что в серной кислоте, как и в воде, — два атома водорода. Но, кроме того, в серной кислоте содержится еще четыре атома кислорода и один атом серы.

Когда мы опускаем кусочек цинка в серную кислоту, цинк встает на место водорода, а водород улетает в виде газа. Цинк обозначают — Zn. Формула образовавшегося вещества и будет:



Это новое образовавшееся вещество носит название соли.

Водород в серной кислоте можно заменить и другими металлами. При этом также всегда получится соль соответствующего металла и серной кислоты.

Но с помощью металла можно вытеснить водород и из любой другой кислоты и получить любую другую соль.

Итак, соль тесно связана с кислотой. Это вещество, в котором водород кислоты заменен, вытеснен металлом.

Кислота —	Водород	Остальная часть кислоты, или „кислотный остаток“
Соль —	Металл	Остальная часть кислоты, или „кислотный остаток“.

Все металлы — золото, серебро, железо, медь, олово, свинец, алюминий, платина, никель, марганец, молибден, натрий, калий и другие — могут замещать водород в кислотах и давать соли. Не забудем, что кислот очень много. И каждая кислота с каждым металлом может дать соль. К этому еще надо добавить, что встречаются соли, в которых содержится не один, а несколько металлов. Есть также соли, образованные несколькими кислотами. Поэтому мир солей буквально беспределен.

Подобно тому, как не всякая кислота кисла на вкус, не всякая соль соленая. Чисто соленой является только поваренная соль, которую мы употребляем в пищу. Другие соли имеют также обязательно какой-нибудь привкус. Есть горькие, кислые соли, есть соли горько-соленые и кисло-горькие. Встречаются соли с вяжущим вкусом, сладкие соли.

Много веков тому назад, когда еще не знали свойств и превращений солей, главным свойством соли считали ее способность растворяться в воде и вновь выпадать из воды при выпаривании. Древний римский ученый Плиний писал, что «всякая стоячая вода, которая, впрочем, мелка и не глубже, как по колено, от летнего солнечного жару становится солью». Он не знал, что просто, под влиянием теплых солнечных лучей, вода испаряется и остается соль. Другие даже предлагали называть солью всякое вещество, которое может растворяться в воде. Так как сахар тоже растворяется в воде, то, встав на такую точку зрения, пришлось бы и сахар называть солью!

Соль — это сложное вещество, которое образуется в результате замещения водорода кислоты металлом.

Мы уже видели, что кислотный остаток после этой реакции замещения остается нетронутым. Этот кислотный остаток характерен и для кислоты и для соли. Металл занял место водорода — кислота преобразовалась в соль.

Но соль можно получить и другим путем: не прямо замещать водород в кислоте металлом, а уничтожать едкость кислоты столь же едким веществом — щелочью.

## Ошибка молодого химика

Щелочи, так же как и кислоты, известны каждому. Это мыльные на ощупь вещества, сильно разъедающие кожу и употребляемые иногда для прижигания. Например, при укусах змей и бешеных животных щелочью можно обезвредить рану. «Щелок», получаемый обычно кипячением золы, содержит щелочь и употребляется для стирки. Наконец, мыло готовится также с помощью жиров и щелочей.

Но в мыле едкость щелочи уже не проявляется, и мы спокойно можем мылить руки, не боясь ожогов. Вместе с тем, можно легко обжечься, если взять голыми руками кусочек чистой щелочи. Чистой щелочью нередко пользуются в лабораториях для мытья посуды.

Один неопытный молодой лаборант, промывая посуду после опытов, решил воспользоваться щелочью. Но грязь слишком сильно пристала к стенкам посуды, и он решил воспользоваться еще и кислотой. Не вылив щелочь, он добавил в сосуд кислоты, рассчитывая усилить едкость состава.

Однако лаборант просчитался. Едкость состава совсем исчезла, и отмыть посуду ему не удалось.

В чем была ошибка начинающего химика?

Сначала выясним, что такое щелочь.

Как уже сказано, щелочь употребляется для производства мыла.

Жизнь современного человека немыслима без употребления мыла.

Мыло готовят из жиров — растительных или животных. Один из способов получения мыла состоит в том, что в открытый котел загружают расплавленную жировую массу, а затем прибавляют в нее постепенно щелочь.

Едкий натр получился из соды. Соду тоже иногда называют щелочью. Она действительно тоже обладает едкими свойствами.

Обычный едкий натр в чистом виде представляет собой куски белого твердого вещества. На пальцах это вещество производит ощущение мылкости и, если долго соприкасается с кожей, оставляет ожоги.

Каков же состав щелочи? Долгое время щелочи

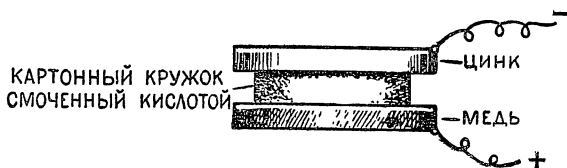
считали простыми веществами и думали, что их нельзя разложить на составные части.

И верно, все обычные средства разложения — накаливание на огне, нагревание с углем — совершенно не действовали на щелочи.

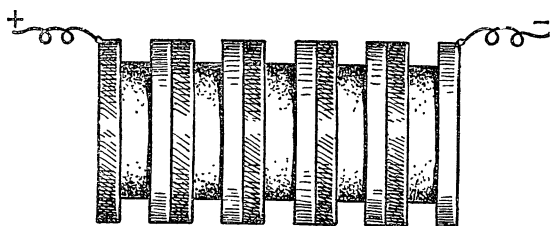
Состав щелочи удалось установить лишь после того, как применили новый, особенно сильный способ разложения веществ — воздействие электрическим током.

В начале прошлого столетия было обнаружено, что электрический ток можно получать не только с помощью трения в специальной машине, но и путем химической реакции.

Если взять две пластинки из разных металлов, скажем, из цинка и меди, и проложить между ними прокладку, смоченную кислотой, то между пластинками можно обнаружить ток:



Но ток этот очень слаб, и его нужно как-то усилить. Для этого можно взять не одну пару, а много пластинок — сто, двести, тысячу. Тогда ток усилится, и на концах сближенных проводов можно будет получить даже искру и яркий свет.



Электрическая батарея.

Впервые электрический ток с помощью химической реакции удалось получить итальянским ученым Луиджи Гальвани и Алессандро Вольта.

Большую электрическую батарею построил в 1802 году наш русский ученый — Владимир Васильевич Петров. Батарея Петрова содержала 4200 медных и цинковых кружков. Если все эти кружки положить один на другой, то получился бы столб высотой с трехэтажный дом. Петров называл свою батарею «наипаче большой».

Батарея позволила Петрову проделать массу интересных и важных для науки опытов.

В 1807 году английский ученый Г. Дэви, продолжая опыты, начатые Петровым, попытался применить электрический ток для разложения щелочи. Он положил кусочек обычной щелочи на платиновую пластинку, соединенную проводом с батареей. Потом он взял другой провод, соединенный с батареей, и приложил его к поверхности кусочка едкой щелочи. О том, что наблюдалось при этом, Дэви сам рассказывает так:

«На верхней поверхности наблюдалось усиленное кипение, на нижней, или отрицательной, поверхности не замечалось выделения газа, но появились небольшие шарики с ярким металлическим блеском, с виду в высшей степени похожие на ртуть. Некоторые из них сейчас же сгорали со взрывом и ярким пламенем, другие же оставались, только поверхность их тускнела и, наконец, покрывалась белой пленкой».

Совершенно ясно, что в результате воздействия тока на щелочь образовался какой-то металл. Но свойства этого металла, внешне напоминавшего ртуть, были весьма удивительными.

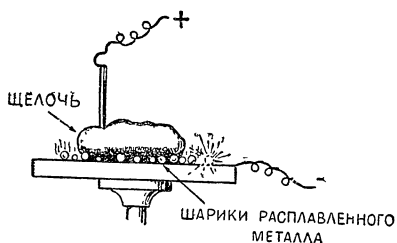
Прежде всего, металл этот был очень легким, настолько легким, что плавал на воде. И не просто плавал,— с металлом происходили странные превращения.

Сначала он медленно двигался по поверхности воды. Затем движения его убыстрялись, и он начинал буквально метаться из стороны в сторону, издавая шипенье и выпуская пар. И, наконец, с легким хлопком последний кусочек металла исчезал с яркой желтой вспышкой.

Но изменились ли теперь свойства воды, в которой исчез кусочек этого металла? Да, изменились. Она стала мылкой и приобрела все свойства настоящей щелочи.



В. В. Петров в своей лаборатории.

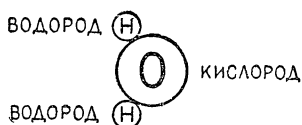


Опыт Дэви.

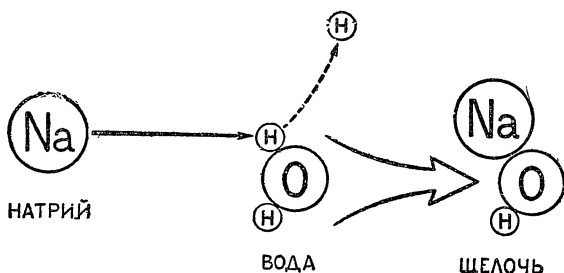
Значит, при взаимодействии полученного металла с водою образовалась щелочь—едкий натр. Металл, содержащийся в едком натре, который так странно ведет себя в воде, и назвали **натрием**.

Химический символ натрия —  $\text{Na}$ . Соединяясь с водою, он выделяет водород и образует щелочь.

Вода имеет формулу  $\text{H}_2\text{O}$ , или:



Можно очень легко представить, как на место одного атома водорода в воде помещается натрий:



Значит, формула щелочи едкого натра —  $\text{NaOH}$ .

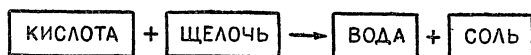
Но кроме едкого натра есть и другие щелочи. Щелочью называют и известь. В извести содержится другой металл, очень похожий на натрий — такой же легкий, мягкий. Это **кальций**.

Итак, мы узнали состав щелочей. Они содержат металл, обязательно похожий по свойствам на натрий или кальций, водород и кислород.

Вернемся теперь к молодому лаборанту, совершившему промах при мытье посуды.

Он думал, что едкие свойства, присущие кислоте и щелочи в отдельности, усиливаются, если соединить эти вещества. Получается же наоборот — не более едкая смесь, а более слабая. А иногда, при определенных соотношениях кислоты и щелочи, их свойства вообще исчезают. Щелочь «съедает» кислоту, но и сама перестает быть щелочью, теряет свои свойства. Образуется новое вещество, которое не обладает ни свойствами кислоты, ни свойствами щелочи. Это новое вещество — уже известная нам соль. Кроме соли при взаимодействии щелочи и кислоты образуется вода.

Итак,

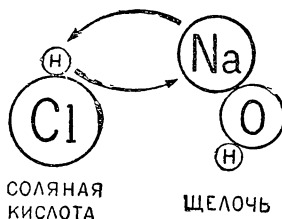


Значит, соль образуется не только при действии металла на кислоты, но и при действии щелочи на кислоты. Только там выделяется водород, а тут образуется вода.

Образующиеся соли не обладают резко выраженными свойствами кислот и щелочей (например, их едкостью).

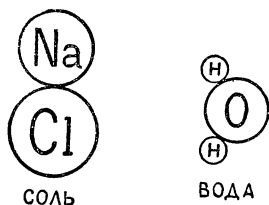
Возьмем для примера одну из кислот — скажем, соляную. Ее формула —  $\text{HCl}$ . В ней содержится водород и особое вещество хлор (кислорода, как мы знаем, в этой кислоте нет).

При взаимодействии со щелочью (едким натром) образуется вода и соль — обычная поваренная. Что при этом происходит? Водород в кислоте и натрий (металл) в щелочи меняются местами:





Получается в результате:



Значит, и здесь водород также вытеснился металлом. Но при этом водород не выделился в виде газа, а перешел в состав воды. В этом вся и разница.

Это взаимодействие кислоты и щелочи с образованием соли и воды называется **н е й т р а л и з а ц и е й**.

Теперь становится понятным, почему мы рассказываем в одной книге о таких разнородных, а порой прямо противоположных веществах, как кислоты, соли, щелочи. Объединяет эти вещества возможность взаимных переходов между ними. Они все находятся как бы в химическом родстве.

Если вы захотите получать в лаборатории кислоты, вам придется начать дело с соли. Например, чтобы выделить серную кислоту, надо нагреть ее соль — железный купорос. А для того, чтобы из какой-нибудь кислоты получить снова ее соль, нужно эту кислоту нейтрализовать, то есть использовать щелочь.

То же самое происходит и на заводах, где вырабатываются удобрения, соду, мыло, даже стекло. Там постепенно приходится иметь дело с кислотами, солями, щелочами.

Кислоты, щелочи, соли играют огромную роль в нашей жизни.

Кислоты идут для производства минеральных удобрений, без которых нельзя добиться высоких урожаев зерна, овощей, картофеля, фруктов.

Большое значение имеют кислоты, например, при производстве красителей.



## Г Л А В А II

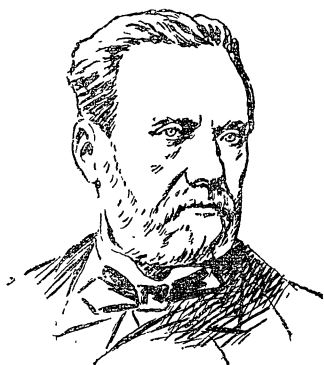
### О ПЕРВОЙ КИСЛОТЕ — УКСУСНОЙ

#### Вино и уксус

Мы едем по южному берегу Крыма. Дорога ведет в Гурзуф. Справа — крутой спуск к морю, слева — небольшая каменная стена, сложенная из известняка. Вдоль стены тянутся без конца виноградники. Посаженные ровными рядами виноградные кусты образуют целый лес. Лес этот не высок, не выше человеческого роста. Но как красивы широкие узорные листья! Недаром художники всех времен составляли узоры из листьев винограда. Мы встречаем эти узоры и на орнаментах зданий и на коврах...

Сейчас пора созревания винограда и под листьями висят тяжелые гроздья. Вот зеленовато-золотистые ягоды, они будто вобрали в себя лучи солнца. Солнце как бы напоило их сладким ароматом...

С древнейших времен люди разводили виноград. Много веков назад научились готовить из него вино.



Луи Пастер.

Удивительные превращения, которые претерпевает виноградный сок, превращаясь в вино, не могли не заинтересовать людей. Наблюдая за брожением виноградного сока, древний человек получал первые наглядные уроки химии. Много оставалось ему непонятным, до многого он доходил ошупью.

Уже древние виноделы заметили, что очень часто обычный процесс брожения вина может иногда нару-

шаться. Вино скисает и превращается в новое вещество с новыми свойствами.

Несмотря на то, что скисание вина было неприятным явлением, люди научились и из него извлекать пользу. Из остатков вина и малоценных сортов вин люди специально готовили уксус.

Уксус высоко ценился как приправа к пище, как лекарство, использовался для приготовления красок.

В Китае уксус умели добывать еще в древнейшие времена. Сохранился рецепт этого уксуса. Китайцы брали 5 частей вина и 1 часть воды и смешивали с дрожжами. В тот же сосуд клали 2 части поджаренного, еще теплого риса. Всё это перемешивали, потом отверстие сосуда закрывали хлопком. Смесь выдерживали в течение месяца, а потом сливали уксус в другой сосуд. Уксус умели добывать и наши предки. В древних русских летописях встречаются упоминания об уксусе.

Много столетий люди пользовались уксусом, получая его из вина. Но только в девятнадцатом веке, лет сто тому назад, удалось выяснить причины удивительных превращений вина в уксус.

Сделал это великий французский ученый Луи Пастер.

В 1854 году Пастер стал профессором университета во французском городе Лилле. Этот город является

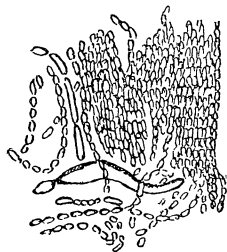
центром виноделия и сахарной промышленности. К молодому химику нередко обращались за помощью виноделы, пивовары.

Пастер никогда не отказывался от разрешения практических вопросов, которые выдвигала жизнь. Он взялся изучать брожение вина и другие, связанные с этим вопросы, что привело его к важнейшим открытиям.

Изучая процесс скисания вина, Пастер прежде всего обратил внимание на следующее явление. Многие десятки лет может стоять вино в подвалах, подвергаясь лишь медленному брожению. Но стоит только вынести его на воздух и оставить на несколько дней в открытом сосуде, как с ним начинают происходить новые превращения. На чистой блестящей поверхности вина появляются матовые пятнышки, которые, постепенно разрастаясь, покрывают всю поверхность. С изменением внешнего вида изменяется и свойство вина. Оно приобретает едкий, кислый вкус и острый запах. Одним словом, на открытом воздухе вино просто скисает и превращается в уксус.

Пастер доказал, что именно эта пленка на поверхности вина и есть причина его скисания. Пленка представляет собою огромное скопление мельчайших живых существ — бактерий. Эти бактерии уксусно-кислого брожения как раз и превращают вино в уксус. Споры этих бактерий повсюду носятся в воздухе. Стоит только нескольким из них попасть на поверхность вина, как они начинают бурно размножаться, образуя тот матовый налет, о котором мы говорили. Бактерии уксусно-кислого брожения используют вино для своего питания, превращая его в уксус.

Десятки столетий люди, добывая уксус, заставляли микроскопические организмы служить себе, даже не подозревая об их существовании. Теперь, узнав о причинах скисания вина, Пастер мог дать ценные практические



Так выглядят под микроскопом бактерии, вызывающие уксусно-кислое брожение.

советы. До Пастера успех производства уксуса зависел от удачи. Очень часто по непонятным причинам процесс нарушался, вместо чистого, прозрачного уксуса получалась мутная, грязная жижа. После опытов Пастера стало ясно, что эту помеху в производстве можно избежать: надо внимательно следить за тем, чтобы пленка бактерий, вызывающих брожение, не нарушалась и всё время «дышала», то есть соприкасалась с воздухом.

Уксус, который получен из вина, имеет много примесей.

Но основной составной его частью является уксусная кислота. Она, конечно, смешана там с водой и различными веществами. Однако уксус можно очистить, удалить все посторонние вещества и даже большое количество воды. Сделать это можно перегонкой.

Очищенный уксус представляет собою прозрачную, очень едкую жидкость с невыносимо резким запахом. Такой уксус называют уксусной эссенцией; в нем очень много уксусной кислоты и мало воды. Если удалить и эту воду, то получают уже твердые куски, похожие на лед. Это чистая кислота, полученная из уксуса, — ледяная уксусная кислота. Хотя она и похожа на лед, но плавится не при  $0^{\circ}$ , как лед, а при  $16^{\circ}$  градусах тепла.

В наше время уксус получают не только из вина. Есть и другие способы. Один из них — сухая перегонка дерева.

На заводах сухую перегонку обычно проводят в больших, замурованных в печи, ретортах. Но опыт сухой перегонки дерева можно провести и в простой пробирке.

Положим в пробирку несколько березовых щепочек. Закроем пробирку пробкой с трубкой. Трубку лучше всего соединить с холодильником. Под холодильник подставим какой-нибудь сосуд. Теперь начнем нагревать пробирку. Сначала станут выделяться пары воды. Охлаждаясь, они начнут превращаться в капельки, которые будут стекать в подставленный сосуд.

Вместе с парами воды из пробирки выделяются и газы. Сначала это будут негорючие газы, лишенные запаха. Но затем, по мере нагревания, состав выде-

ляющихся газов изменится. Из пробирки начнут выделяться угарный газ и обычный светильный газ, который можно поджечь.

Вид жидкости, сбегаящей из холодильника, также изменится. Она станет бурой и приобретет неприятный острый запах. Эту жидкость называют подсмольной водой, или «жижкой». В жижке и содержится уксусная кислота в смеси с другими ценными веществами — древесным спиртом, ацетоном (грушевой эссенцией) и пр.

В нашей стране, которая располагает самыми богатыми в мире лесами, получение уксуса из древесины наиболее распространено.

### Глазами химика

Из чего же всё-таки состоит уксусная кислота?

Мы уже знаем, что одним из способов получения уксуса издавна служило скисание вина. Для скисания нужны грибки, вызывающие брожение. Но не одни грибки необходимы для скисания. Кроме них нужен воздух.

Только попадая на воздух, вино начинает скисать. В плотно закрытых сосудах оно не будет киснуть и не даст уксуса.

Но какая же составная часть воздуха действует на вино?

Вероятнее всего, действует кислород.

Спирт, содержащийся в вине, поглощает кислород совершенно так же, как, скажем, сера соединяется с ним при горении. Разница только в том, что сера горит, а спирт только бродит. Но между брожением и горением есть сходство.

Значит, и образование уксусной кислоты тоже не обходится без участия кислорода.

Но ведь в уксусной кислоте есть и другие составные части.

Для того, чтобы узнать, какие они, расскажем еще об одном дешевом и широко распространенном способе получения уксусной кислоты, открытом в России.



Русский химик  
М. Г. Кучеров.

На одной из окраин Ленинграда, в старинном тенистом парке расположились корпуса Лесотехнической академии. Это одно из старейших учебных учреждений нашей страны. Отсюда вышло много крупных ученых. Здесь работали не только инженеры и специалисты по лесоводству. Среди профессоров и воспитанников Академии были замечательные химики, физики, зоологи.

В конце прошлого столетия в химической лаборатории Академии работал замечательный русский химик — Михаил Григорьевич Кучеров.

Изучая одно сложное органическое вещество, изменяющееся под действием окиси ртути, Кучеров заметил, что оно давало уксусный альдегид. Уксусная кислота отличается от уксусного альдегида одним лишним атомом кислорода, и получить из альдегида кислоту очень легко. Потому-то это вещество и названо уксусным альдегидом.

Кучеров заметил, что по своему составу и строению взятое им вещество очень близко к хорошо известному газу — ацетилену. У химика родилось смелое предположение: нельзя ли добыть уксусный альдегид из ацетилена?

Оставалось проверить это предположение.

Поместив в сосуд окись ртути, Кучеров стал пропускать через нее ацетилен. При этом почти сразу же начал образовываться уксусный альдегид, от которого к уксусной кислоте лежал прямой путь.

Чтобы понять значение этого открытия, надо знать, что такое ацетилен.

Большие баллоны ацетилена можно видеть очень часто. Смесь ацетилена с кислородом дает яркое и очень горячее пламя. Таким пламенем нередко сваривают металл. Но ацетилен не содержится в воздухе. Не выделяется он и из земли. Его нужно, в свою очередь, добыть.

Для этого в большую печь загружают уголь и известь. Сильным электрическим током эту смесь нагревают. Происходит химическое превращение, в результате которого получается сероватый порошок нового вещества — карбида кальция.

Обычно водой гасят огонь.

А карбид кальция воспламеняется, если плеснуть на него воды. При действии воды на карбид как раз и образуется ацетилен, который под влиянием сильного нагревания может загореться.

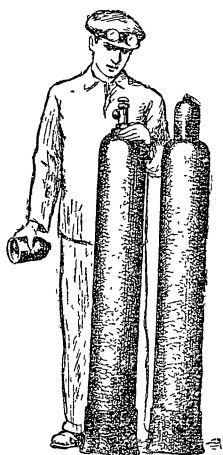
Из чего же состоит ацетилен? Известь, уголь и вода — вот те составные части, из которых он мог бы получиться. Но при действии воды на карбид кальция известь из него снова выделяется. Остаются вода и уголь.

Да, в ацетилене есть углерод и одна из составных частей воды — водород.

Под действием солей ртути ацетилен окисляется воздухом. Это превращение открыл Кучеров. Так получается уксусный альдегид. А из него, тоже путем присоединения кислорода, — уксусная кислота.

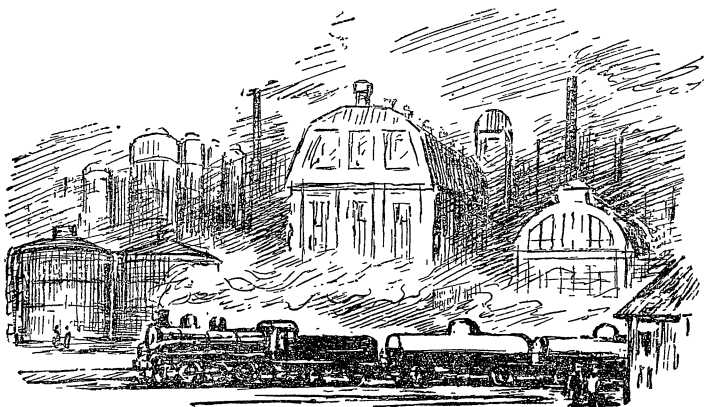
Итак, в уксусной кислоте содержится углерод, водород и кислород. Конечно, заслуга Кучерова не в том, что он выяснил состав уксусной кислоты. Состав ее был известен давно. Кучеров первый предложил способ получения уксуса не из вина, не из дерева, а из дешевого газа ацетилена. В этом и состояло его замечательное открытие. Мы же воспользовались описанием метода Кучерова только для того, чтобы лучше объяснить состав уксусной кислоты.

Уксусная кислота в наши дни находит широкое применение. Она идет для приготовления лекарств, в частности аспирина, красок, лаков, растворителей. Ее применяют при изготовлении искусственного шелка, пленки для кино, при окраске тканей.



В этих баллонах хранится ацетилен.





## Г Л А В А III

### «МАТЬ ВСЕХ КИСЛОТ»

#### История белого порошка

В средние века итальянский город Флоренция был крупным центром культуры, промышленности и торговли. По его узким улицам, мимо роскошных дворцов и мрачных стен монастырей, нескончаемым потоком шли люди, двигались тяжело нагруженные повозки. Со всех концов земли — из Египта, Турции, из далекой Индии, из Германии и Англии — везли сюда товары. Особенно много доставляли во Флоренцию шерсти. В необработанном, даже плохо очищенном виде шерсть поступала в руки флорентийских шерстяников и превращалась в дорогие разноцветные ткани. Сотни рабочих, ремесленников и мастеров были заняты обработкой шерсти.

Среди этой армии сортировщиков, разборщиков и мойщиков шерсти, ткачей, прядильщиков, торговцев особым почетом и уважением пользовались красильщики. И неспроста. Окраска шерсти — сложное дело.

Мало обладать хорошими красками. Надо знать многочисленные приемы и рецепты. Не зная этих приемов, можно испортить самый дорогой материал. Флорентийским красильщикам доставлялись из разных стран редкие краски. Здесь были скатанные в маленькие шарики толченые листья вайды и сок маленьких жучков, живущих на корнях приморских растений. Но не меньше красок ценили красильщики белый порошок, похожий на обычную соль. Этот порошок привозили в Италию из Египта и Турции.

То были квасцы.

Когда очередная партия квасцов прибывала из дальнего путешествия, старый мастер подходил к мешку, брал щепотку и неторопливо растирал ее между пальцами.

— Добрые, пригодные к делу квасцы, — говорил он стоявшим перед ним ученикам, — должны быть светлые, молочного цвета и при растирании жестки. А главное, в пальцах они должны производить الناشщее ощущение огненной теплоты.

Квасцы не зря ценились. Без них оказываются бесполезными очень многие красители. Вот крапп — красная краска из корня марены. Он не ложится на сукно, пока его не промочат хорошенько в растворе квасцов. Квасцы служат протравой и для многих других красок.

Когда залежи квасцов удалось найти, наконец, в Италии, сам римский папа не постеснялся прибавить к рукам ценное месторождение. Папа назначил за свои квасцы непомерно высокую цену. Квасцы из Турции и Египта он объявил «квасцами неверных», запретив покупать их под страхом проклятия и отлучения от церкви.

Прошло несколько столетий, но квасцы не потеряли своего прежнего зна-



Флорентийские красильщики.

чения. Белый порошок продолжает играть сейчас большую роль. Но теперь уже не довольствуются добычей квасцов из месторождений в земле. Порошок получают в больших количествах искусственно.

И теперь квасцы служат протравой при крашении. Ученые установили, что ткань, обработанная квасцами, лучше смачивается краской. Ткань, не обработанную квасцами, бывает так же трудно покрыть краской, как трудно смочить водою жирный лист бумаги. Квасцы служат связью между волокнами ткани и краской. Большая группа красок для тканей так и называется «протравными красителями». Вот, например, ализарин. Сам по себе он окрашен в некрасивый бурый цвет. Ни при каких условиях окрасить им ткань не удастся. Но стоит только обработать ткань квасцами, как ализарин окрашивает ее в яркий красный цвет.

Не меньшую роль играют квасцы при выделке кожи. Сырую кожу обычно дубят. Один из видов дубления — «белое дубление» — производится с помощью раствора квасцов. Квасцы, оседая на кожу, как бы обволакивают ее волокна тонким слоем и не дают им склеиваться. Такая кожа становится мягкой, эластичной и стойкой. Если не подвергнуть кожу дублению, волокна ее склеиваются и она после высыхания становится твердой и ломкой.

Еще одно интересное применение имеют квасцы. Они используются при выработке бумаги. Для того, чтобы бумага была прочной и на ней можно было бы писать чернилами, ее обычно проклеивают. При проклейке волокна целлюлозы, из которых состоит бумага, прочно связываются друг с другом и не пропускают влагу. В состав массы для проклейки бумаги вместе с особым веществом, смоляным мылом, входят квасцы.

Белый порошок находит применение и при очистке воды, главным образом на больших водонапорных станциях. Вода, поступающая в водопровод из реки, обычно мутна. Чтобы «осветлить» ее, нужно осадить муť. Делают это с помощью квасцов. Раствор квасцов заставляет мельчайшие частички муť соединяться в крупные хлопья, которые, постепенно разрастаясь, тяжелеют и падают на дно.

Можно сказать еще об использовании квасцов в

качестве кровоостанавливающего средства. «Бритвенный камень», которым останавливают кровь при порезах во время бритья, является квасцами.

Что же входит в состав квасцов?

Квасцы обладают кислым вкусом. Это понятно из их названия. Ведь говорят же про кисловатое яблоко, что оно «с кваском».

Но отчего квасцы имеют кислый вкус? Ведь не от уксуса же. Уксуса в квасцах нет. Зато из квасцов можно получить другую кислоту. Ее называли квасцовым спиртом.

Если взять немного квасцов и сильно прокалить их на огне, то начнет выделяться пар, который можно охладить и превратить в капли жидкости. Эта жидкость обладает кислым вкусом, как уксус; она вызывает шипение мрамора и мела и заставляет краснеть лакмус или синий сок из лепестков василька. «Квасцовый спирт» — не что иное, как кислота. Таковую кислоту можно получить и из других веществ, в частности, из купоросов.

Синеватые и зеленоватые кристаллы купоросов встречались около медных или железных рудников. Их кислые свойства выражены, пожалуй, еще сильнее, чем у квасцов. Кусочек влажного купороса, положенный в карман, может очень быстро прожечь дырку в одежде.

Даже не очень сильное нагревание купоросов вызывает образование густой маслянистой жидкости, обладающей всеми свойствами кислот. Эта жидкость, названная сначала «купоросным маслом», весьма сходна с «квасцовым спиртом».

Доказать это можно опытом. При прокаливании квасцов остается белый порошок, совершенно лишенный прежних свойств квасцов. Если облить этот порошок «квасцовым спиртом» и выпарить, то квасцы восстановятся.

Но оказывается, что можно получить те же квасцы, если обливать осадок после промывания «купоросным маслом». После выпаривания получаются типичные для квасцов белые кристаллики.

Это значит, что жидкость, полученная из квасцов и купоросов, — одна и та же к и с л о т а.

Эта кислота — серная. В противоположность органической, добываемой из растений, уксусной кислоте, серную кислоту получают из минералов.

### Очистительная сера

Серная кислота —  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — как явствует из самого ее названия, содержит серу.

Сера стала известна человеку еще в глубокой древности. Люди впервые начали знакомиться с химическими превращениями, пользуясь металлами. Семь важнейших металлов — золото, серебро, ртуть, свинец, олово, медь и железо — привлекали особенное внимание древних ученых. Но обычно, говоря об основных металлах, древние всегда упоминали еще об одном веществе, совершенно непохожем на металл, — о сере.

Серу называли «отцом» металлов. Символом ее было солнце. Считали, что сера входит в состав всех веществ.

Несомненно, главная причина такого особенного внимания к сере со стороны древних ученых — в горючести серы. Это свойство серы стало известно очень давно. В греческой поэме «Одиссее» есть упоминание о сере.

После битвы в доме Одиссея стены и пол залы, в которой происходило сражение, оказались залитыми кровью. Одиссей говорит своей служанке:

„Няня, огня принеси  
И подай очистительной серы,  
Залу нам надо очистить“.

Ясно, что древним была известна не только способность серы гореть. Они знали дезинфицирующие свойства паров, образующихся при горении серы.

Серу сжигали при совершении религиозных обрядов в храмах. «Вечный огонь», который, по представлению древних, бушевал под землею, в аду, поддерживался также горением серы.

Сера считалась признаком горючести, она олицетворяла горение. Древние думали, что всякое горючее вещество содержит серу.

Люди давно обратили внимание на едкий кислый вкус паров, образующихся при горении серы. Это ощущается даже при простом их вдыхании. «Кислый пар», — не образуется ли здесь какая-нибудь кислота?

Проверим. Вода с растворенными в ней парами, образующимися при горении серы, — кислая. Но это не всё. Она изменяет синий настой васильков в красный цвет, она может вызвать вспенивание мела, в ней с шипением растворяются некоторые металлы.

Это, несомненно, кислота, содержащая серу. Не есть ли это другим способом полученная «купоросная кислота», о которой уже говорилось? Купоросная кислота, как мы уже знаем, — серная кислота. Неужели удалось получить ее таким простым путем?

Попробуем сравнить свойства серной кислоты и кислоты, только что полученной.

Прежде всего, серная кислота не имеет запаха, а вновь полученная очень сильно пахнет горящей серой. Может быть, можно очистить полученную нами кислоту? Ничуть не бывало. Если кипятить ее, запах усиливается. При этом весь газ из кислоты уходит. После такой «очистки» получается не «чистая» кислота, а чистая вода. Кислота исчезает. Вот еще одно отличие. Полученную нами кислоту никак нельзя сгустить, превратить в маслообразную жидкость, какой является, как всем известно, серная кислота.

Но, пожалуй, самой интересной особенностью полученной нами кислоты являются ее белящие свойства. Возьмем немного воды, насыщенную парами, образовавшимися при горении серы, и прильем в нее какой-нибудь краски, например красной краски — фуксина.



Средневековый символ серы.

Почти сразу же красный цвет уничтожается кислотой, раствор становится снова прозрачным.

Этой особенностью кислоты пользуются. Так отбеливают солому, загрязненную материю.

Значит, вновь полученная нами кислота хотя и содержит серу, но не похожа на кислоту из квасцов и купоросов. Вообще эта кислота гораздо слабее серной. Это «несовершенная» серная кислота, или, как ее называют химики, с е р н и с т а я.

Дело, конечно, не в том, что эта кислота хуже серной, менее «совершенна». Дело в том, что она имеет другой химический состав.

Если мы посмотрим формулу обеих кислот, серной и сернистой, то заметим, что в сернистой кислорода на один атом меньше, чем в серной:

$\text{H}_2\text{SO}_3$  — сернистая кислота,

$\text{H}_2\text{SO}_4$  — серная кислота.

Очевидно, чтобы получить серную кислоту из сернистой, надо попросту присоединить к сернистой кислоте один атом кислорода.

На деле это не так просто.

При горении серы, соединяясь с кислородом, образует нечто вроде окалины. Эту «окалину», представляющую пары горячей серы, называют сернистым газом, или «сернистым ангидридом». Попадая в воду, сернистый газ и дает знакомую уже нам сернистую кислоту.

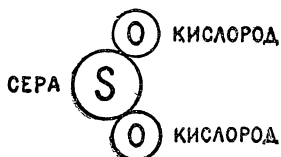
Известно еще одно соединение серы с кислородом — серный ангидрид. Оно-то, соединяясь с водою, и дает серную кислоту. Так вот для получения серной кислоты надо последовательно проделать следующее:

- а) получить сернистый газ, или сернистый ангидрид;
- б) превратить сернистый ангидрид в серный ангидрид;
- в) соединить серный ангидрид с водою.

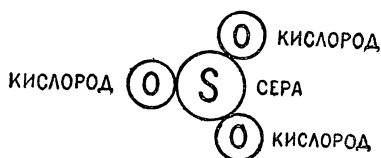
Чем отличается сернистый газ от серного ангидрида? Почему при сжигании серы нельзя получить серный ангидрид?

Образующийся при горении серы сернистый газ содержит один атом серы на два атома кислорода.

Каждая частица сернистого газа имеет приблизительно такой вид:



Серный же ангидрид имеет на один атом серы три атома кислорода:



Оказывается, при горении к сере легко присоеди-  
няются только два атома кислорода. Присоединить  
третий атом кислорода к сере оказывается несравнен-  
но труднее, чем первые два. Такое присоединение про-  
исходит только при особых условиях. И потому  
серный ангидрид образуется сам собою весьма  
редко.

Чтобы сломить «упрямство» кислорода и заставить  
его присоединиться к сернистому ангидриду, приме-  
няют специальные вещества, называемые катализа-  
торами.

Вот всем хорошо известная перекись водорода.  
Возьмем несколько кусочков твердого черного веще-  
ства — двуокиси марганца. Отвесим точно 0,5 грамма  
и бросим в стакан с перекисью. Начинается бурная  
реакция. Выделяются пузырьки газа. Перекись разла-  
гается на воду и кислород. Теперь вынем из стакана  
двуокись марганца. Выделение газа прекратится.  
Высушим и взвесим кусочки. Опять 0,5 грамма! Вес  
вещества не изменился. Однако разложение ведь было  
налицо.

Здесь двуокись марганца сыграла роль катали-  
затора.



Катализатором можно пользоваться и для получения серного ангидрида из сернистого газа. Сам по себе кислород к сернистому газу присоединяется с трудом. Но под воздействием катализатора этот процесс идет особенно быстро.

Дело тут в том, что для образования серного ангидрида нужно, чтобы частичка сернистого газа встретила с частичкой кислорода. Такая встреча, вообще говоря, происходит редко и не всегда бывает удачной: кислород не присоединяется. А вот катализатор ускоряет эту встречу и делает ее более эффективной.

На своей поверхности катализатор, хотя и не на долгое время и не очень прочно, задерживает частичку сернистого газа. Она перестает носиться в пространстве и останавливается. Но не только одну частицу сернистого газа привлекает катализатор. Он привлекает к себе и частичку кислорода.

И кислород и сернистый газ оказываются сидящими почти рядом, как бы на привязи. Тут им уже легко и соединиться. Соединившись, они очень скоро отрываются от поверхности и освобождают место для новой пары частиц.

Так катализатор, привлекая к своей поверхности частицы, способствует их соединению между собой.

Но помогает этому соединению не только простая близость двух частиц. Большое значение имеет и то, что поверхность катализатора как бы разрыхляет сами частицы. Удаленные от катализатора частицы очень прочны. На поверхности катализатора или вблизи нее они становятся менее прочными и более склонными к химическому взаимодействию.

Катализаторов очень много, и действие их всех нельзя объяснить так просто, как это мы только что сделали.

Однако общим для всех катализаторов остается одно: соприкасаясь с веществами, они нарушают стойкость частиц и способствуют их превращениям.

Редкое химическое производство обходится сейчас без катализатора. Между тем, понятие о катализаторе было введено в науку всего 120 лет тому назад. Это слово впервые произнес шведский химик Берцелиус, один из крупнейших ученых прошлого столетия.

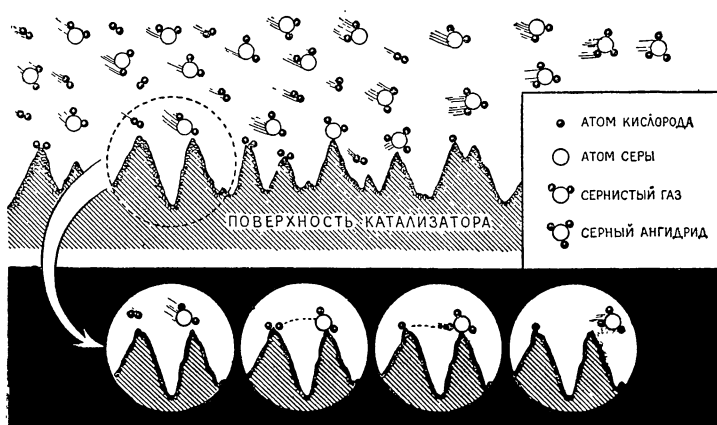


Схема действия катализатора. Внизу в кружках показаны последовательные стадии образования серного ангидрида из сернистого газа и кислорода. (Частицы кислорода обычно представляют собою два атома, соединенные в пары).

Катализаторы применяются сейчас при производстве каучука, производстве удобрений и красителей, в производстве массы разнообразных сложных органических веществ.

Так же, как разнообразны получающиеся вещества, так же разнообразны и катализаторы; это могут быть и тонко раздробленные порошки драгоценных металлов, помещенные на поверхности асбеста, и песок, и сложные искусственные минералы, содержащие до десятка разных составных частей, и просто жидкости.

Катализаторы давно уже применяют и в процессе производства серной кислоты.

Сейчас на сернокислотных заводах в качестве катализатора чаще всего применяют платину и соединения металла ванадия.

Через специальный аппарат, с помещенным в нем катализатором, пропускают сернистый газ в смеси с воздухом. С помощью кислорода воздуха и под действием катализатора сернистый газ переходит в сер-

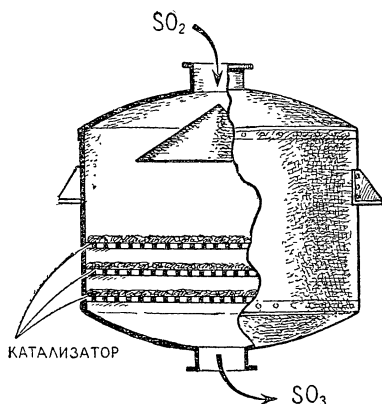


Схема аппарата, в котором происходит превращение сернистого газа в серный ангидрид.

ный ангидрид, который можно соединить с водою и превратить в серную кислоту.

Такова схема производства серной кислоты. На практике же приходится преодолевать много осложнений и трудностей.

Прежде всего, сернистый газ получают не из серы. Это не всегда бывает выгодно. Вместо серы используют гораздо более дешевый материал — серный колчедан. Серный колчедан содержит вме-

сте с серой и железо. Однако при сжигании колчедана получается сернистый газ, как будто горит чистая сера. Вместе с тем и железо, находящееся в колчедане, сгорает, образуя окись железа — колчеданные огарки.

Но сернистый газ, полученный при горении колчедана, нельзя пускать прямо на катализатор. Катализатор не терпит никаких загрязнений газа, никаких примесей. Он портится и перестает действовать.

«Катализатор отравился», — говорят химики в таких случаях.

И действительно, этот бережно приготовленный и сохраняемый порошок может «отравляться», например мышьяком. Поглощая мышьяк, находящийся в воздухе, катализатор покрывается темными наростами и пленками, которые служат верным признаком его гибели. Боится катализатор и пыли.

От всех таких примесей сернистый газ нужно очистить.

От пыли газ очищают довольно просто. В специальных электрических пылеуловителях она оседает. Гораздо труднее избавиться от мышьяка. Для этого придумали такой способ: в газ пускают брызги серной

кислоты. Стекая вниз, навстречу поднимающемуся сернистому газу, серная кислота разбивается на мельчайшие капельки и охлаждает газ. При этом мышьяк превращается в мельчайшую пыль, которую вместе с брызгами серной кислоты легко можно удалить из газа.

Сернокислотный завод состоит из ряда башен.

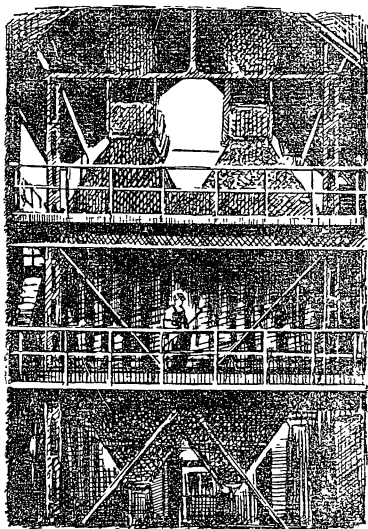
Пройдя ряд башен, полностью очищенный, лишенный пыли, влаги и капелек кислоты, сернистый газ, наконец, достигает цели — катализатора.

Понятно, что то отделение, в котором помещается катализатор, пользуется особым вниманием. За катализатором установлен непрерывный надзор. Газ, поступающий к нему, всё время анализируется химиками. Да это и понятно. От «поведения» катализатора зависит успех всего производства. К тому же катализатор чрезвычайно дорог. Если он испортится, придется останавливать завод.

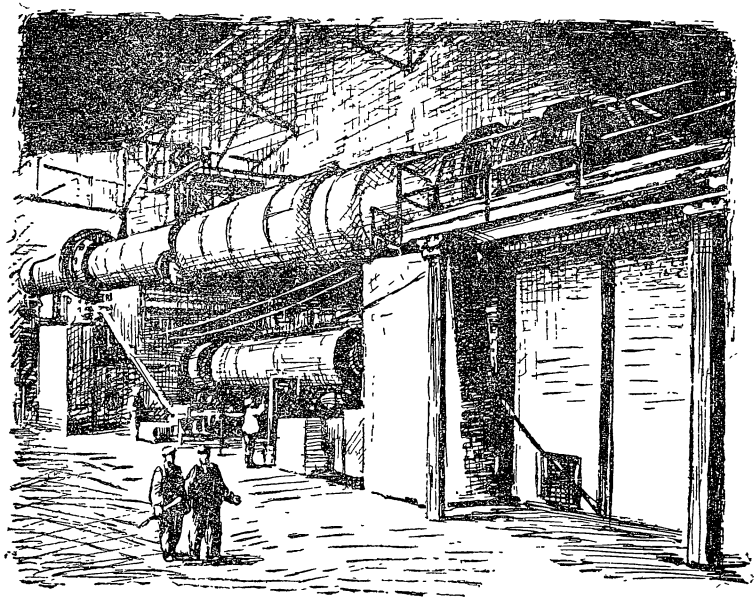
В других отделениях завода серный ангидрид соединяют с водой. При этом образуется серная кислота.

Таков в самых общих чертах один из способов производства серной кислоты с помощью катализатора.

Есть и другие методы получения серной кислоты. Разнообразны также продукты, из которых добывают серную кислоту. Известный русский химик Н. Н. Бекетов нашел способ получать серную кислоту из дешевого материала — гипса. При нагревании гипса с углем выделяется сероводород, который уже легко пре-



Камеры для очистки сернистого газа от пыли.



Здесь из гипса получают серную кислоту.

вратить в серу или серную кислоту. Этот метод получения серной кислоты из гипса широко применялся во многих странах.

### **Серная кислота образуется в природе**

Мы видели, что производство серной кислоты весьма сложно. Не одно поколение ученых и инженеров трудилось над тем, чтобы усовершенствовать это производство. Но удивительнее всего то, что сама природа умеет «выпускать» серную кислоту.

Для того, чтобы понять многие сложные химические превращения, иногда бывает полезно посмотреть, не происходят ли они в природе. Изменения вещества в окружающем нас мире так разнообразны, что часто никакие, даже самые удачные лабораторные опыты не

могут соперничать в наглядности с процессами превращения вещества в природе.

Оказывается, в природе, в месторождениях чистой серы сама собой образуется серная кислота.

Такое месторождение открыл в пустыне Кара-Кум наш выдающийся минералог академик А. Е. Ферсман.

Ферсман и его спутники собрали при первом посещении серных бугров, лежащих в центре огромной пустыни, большое количество образцов серы. Образцы эти тщательно завернули в бумагу, написали этикетки, затем упаковали в ящики и отправили в Ленинград.

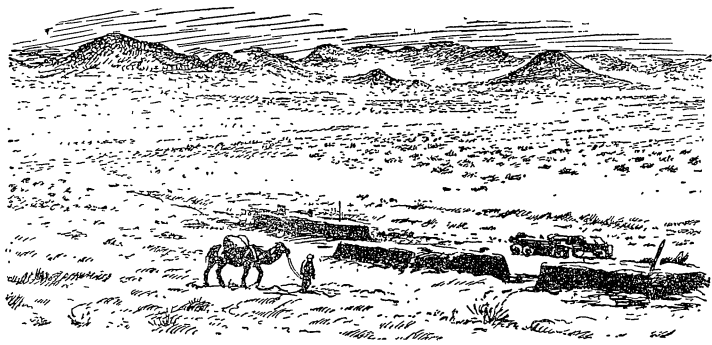
Когда в Ленинграде ящики стали распаковывать, то оказалось, что бумага, в которую были завернуты образцы, изъедена, от этикеток остались какие-то обрывки. Местами были повреждены даже ящики, будто их кто-то прожег.

Что было причиной этого странного происшествия? Хорошо известно, что сама сера не обладает такими разъедающими свойствами.

Разгадка пришла очень скоро. Из некоторых ящиков вытекали капельки маслянистой жидкости. Падая на пол, они прожигали его. Это была серная кислота.

Потом выяснили, что серные бугры являются естественным, созданным природой, сернокислотным заводом, где образование серной кислоты идет непрерывно.

Как образуется в серных месторождениях сернистый газ, — не было ни для кого загадкой. Ведь сера



Серные бугры в Кара-Кумах.

сама легко окисляется. Но каким образом сернистый газ превращается в серный ангидрид,— на этот вопрос сразу не смогли ответить.

Но объяснение нашлось. Каракумские серные месторождения расположены в сыпучих барханных песках. Мелкий песок, перевеянный ветрами, кварц и некоторые другие породы служат катализаторами, ускоряющими присоединение третьего атома кислорода к сернистому газу. Реакции способствует и каракумский климат. Летом здесь не бывает дождей, а температура воздуха иногда превышает 45 градусов, песок под палящими лучами солнца накаляется до 80 градусов. А для образования серного ангидрида который при соединении с водой дает серную кислоту, только это и нужно: катализатор и высокая температура.

Конечно, природа сама дает очень немного серной кислоты. Для получения ее построены мощные заводы, где процесс идет быстрее, чем в каракумских песках.

Каракумские месторождения содержат громадные залежи серы. В пустыне, у серных бугров, давно уже действуют заводы, перерабатывающие этот важнейший минерал.

### **В заливе «Черная пасть»**

Серные бугры расположены на востоке Туркменской ССР. А на крайнем западе Туркменистана, у берегов Каспия, расположено другое замечательное месторождение, также связанное с серой. Это Кара-Богаз-Гол, что означает в переводе с туркменского — залив «Черная пасть».

Кара-Богаз-Гол, носящий такое зловещее название, в самом деле удивительный залив. Уровень воды в нем на 3 метра ниже, чем в Каспийском море, с которым залив соединен узким проливчиком. Залив как бы всасывает морскую воду и испаряет ее со своей огромной поверхности. Залив мелководен, и солей в нем во много раз больше, чем в Каспийском море.

Залив Кара-Богаз-Гол открыли в прошлом веке русские мореплаватели. Первым вошел в залив с моря лейтенант Жеребцов. Вот что он писал потом:

«Голубые воды Каспийского моря сменились мертвой, как бы оловянной водой залива. Вода была мало прозрачной, в ней плавали мертвые рыбы, занесенные с моря. На берегу мы нашли великое множество этих мертвых соленых рыб».

Рыбы, завлеченные в залив силой течения, образующегося вследствие разности уровней между морем и заливом, гибли от чрезмерного количества солей. Вследствие солености вода залива исключительно плотна. Жеребцов рассказывает об этом так:

«Придурковатый наш кок отпросился искупаться, но залив его не принял. Он высоко подбрасывал его ноги, и при всем старании кок погрузиться в воду не смог».

Участники этой первой экспедиции обнаружили, что дно залива покрыто слоем соли. Только это была не поваренная соль. Когда тот же кок решил посолить ею пищу, то на корабле у всех расстроились желудки.

Таковы были первые сведения о заливе Кара-Богаз-Гол. Потом они были дополнены, проверены. Выяснилось, что на дне залива оседает ценнейшая соль мирабилит, иначе — глауберова соль.

Глауберова соль — это соль натрия и серной кислоты — сернокислый натрий. Мирабилит находит широкое применение в медицине, в стеклоделии и других отраслях химической промышленности.

Кара-Богаз-Гол является крупнейшим в мире месторождением этого минерала.

Какие же процессы происходят в Кара-Богазе? Почему там соль, растворимая в воде, оседает на дно, выпадает, как принято говорить?

Дело в том, что вследствие очень большого испарения (не забудем, что Кара-Богаз-Гол окружен пустыней) в заливе образуется всё более и более крепкий раствор солей. Наконец наступает такой момент, когда соли уже не могут больше удерживаться в растворе и начинают оседать на дно. Такие условия создают часто искусственно, — для добычи поваренной соли.





Николай Семенович  
Курнаков.

Но Кара-Богаз-Гол имеет неповторимую особенность. Обратите внимание на то, что здесь оседает только глауберова соль, хотя в морской воде, которая испаряется с поверхности залива, содержится и поваренная и другие соли.

Интересно еще, что мирабилит выпадает в заливе не весь год. Он начинает оседать зимой, а летом вновь растворяется. Зимой масса соли волнами выбрасывается на берег и ее очень легко сгребать.

Так сначала и добывали мирабилит. Потом этот процесс был механизирован, возникли промыслы, оснащенные современной техникой.

Загадки Кара-Богаз-Гола были разгаданы исследованиями советских химиков, в первую очередь выдающегося ученого академика Николая Семеновича Курнакова. Он тщательно изучил химический состав воды залива и сумел объяснить все сложные явления, которые в нем происходят.

Если бы бассейн Кара-Богазы был совершенно отделен от моря, то в нем выпадали бы все соли, находящиеся в морской воде, в том числе и поваренная. Но этого в действительности нет. Существует пролив, через который морская вода всё время разбавляет воду залива. Эта свежая вода не дает возможности раствору в заливе настолько сгуститься, чтобы выпала поваренная и другие соли. Так происходит летом.

Когда наступает зима, температура воды в заливе понижается до  $+5,5$  градуса. Охлаждение же всегда способствует осаждению солей, выпадению их из раствора. Но поваренная соль даже при  $+5,5$  градуса не может осесть на дно залива, — раствор еще недостаточно крепкий. Для мирабилита же температура эта достаточно низкая, и он оседает на дно залива большими массами. В короткий срок на Кара-Богазе возникли заводы по добыче мирабилита. Теперь уже не просто сгребали то, что выкинут волны, а строили специальные бассейны, где осаждался мирабилит.

Так было до 1939 года. В этом году, зимою, первый раз заметили, что на дно осаждается не только мирабилит, но и поваренная соль. Произошло это потому, что уровень Каспийского моря понизился и в заливе стало прибывать меньше воды. Раствор солей в заливе поэтому еще более сгустился и из него стала выпадать удерживавшаяся раньше в воде поваренная соль. Это было серьезным затруднением.

Но советские инженеры не растерялись, нашли выход. На промыслах построили водопровод и стали искусственно разбавлять свежей морской водой ту воду, из которой добывают мирабилит.

Кроме того, был найден способ добычи мирабилита из смеси его с поваренной солью, которая теперь стала выпадать на дно залива...

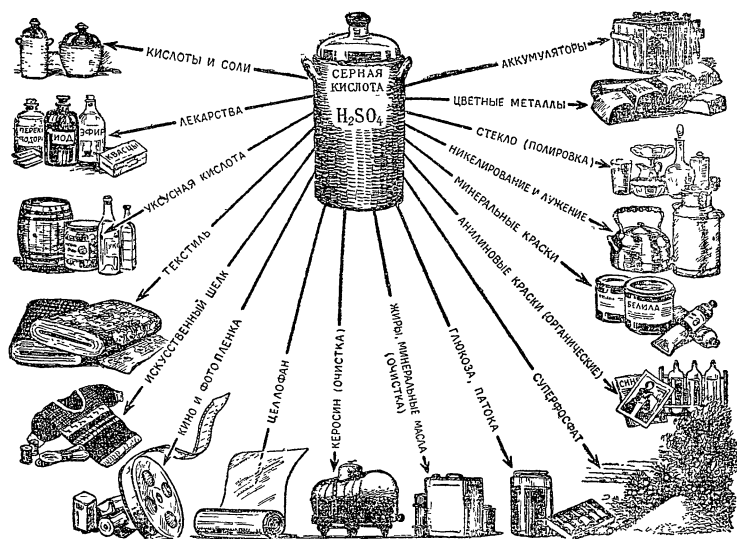
Советские ученые продолжают изучать интересную и сложную проблему Кара-Богазы.

Мирабилит — не единственная соль серной кислоты. Солями серной кислоты являются железный и медный купорос, которые широко применяются, в частности, в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями и болезнями растений.

Школьники, работающие на станциях юных натуралистов или в пришкольных садах, конечно, имеют дело с яркосиним кристаллическим веществом. Это медный купорос, употребляемый для опрыскивания яблонь, груш, вишен, малины, смородины и других растений. Надо только помнить, что опрыскивают растения не чистым раствором медного купороса, а примешивают известь. Добавляя известь, нейтрализующую кислоту, мы лишаем медный купорос кислотных свойств, которыми он, хотя и в малой степени, но всё-таки обладает. Раствор медного купороса с добавкой извести называют бордосской смесью.

Если опрыскивать растения чистым раствором медного купороса, без добавки извести, то можно причинить листе тяжелые ожоги.

Железный купорос обладает более сильными кислотными свойствами, нежели медный. Поэтому его раствором можно опрыскивать деревья и кустарники только в безлиственном состоянии — осенью после листопада и ранней весной до набухания почек.



Применение серной кислоты.

Сера и ее соединения имеют, как мы видели, широчайшее применение. Но мы далеко не всё перечислили. Про серную кислоту говорят, что она — мать всех кислот.

Серная кислота играет большую роль в металлургии при производстве алюминия, магния, ртути. Серная кислота находится в аккумуляторах, ею пользуются в промышленности, производящей краски, взрывчатые вещества, эфир.

Интересным примером использования серной кислоты может служить очистка продуктов перегонки нефти, в частности керосина.

Когда производство керосина только еще начинало развиваться, инженеров и ученых очень озадачило одно обстоятельство. Керосин (или, как его называли в XIX веке в России, фотоген) при перевозке в железных сосудах начинал буреть и превращался в темную, пачкающую посуду, жидкость. Для того, чтобы получить снова прозрачный керосин, его приходилось процеживать через фильтровальную бумагу. Пока керосин

мало употреблялся, с этим процеживанием можно было мириться.

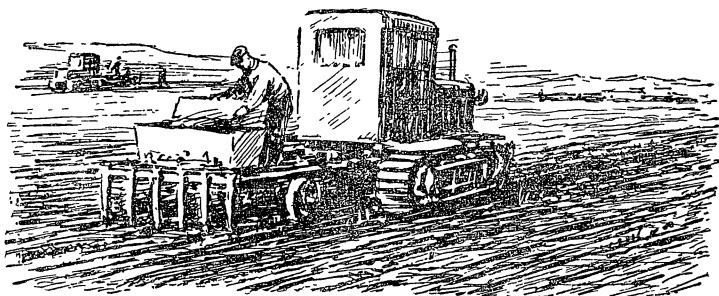
Когда же начали применять керосин для освещения, очищать его процеживанием стало очень неудобно, и был изобретен метод очистки с помощью серной кислоты.

Дело в том, что в только что полученном из нефти керосине содержатся нестойкие органические вещества, которые легко разлагаются при хранении. Они и дают темный осадок. Действием серной кислоты эти вещества переводятся в нерастворимое состояние и оседают на дно. Так, пользуясь кислотой, получают и в наши дни чистый, не изменяющийся при хранении керосин.

Большая сила и стойкость серной кислоты позволяют с ее помощью получать другие кислоты. Серная кислота, как говорят химики, вытесняет другие кислоты из соединений.

Из поваренной соли и серной кислоты получают другую сильную кислоту — соляную. Если поваренную соль облить серной кислотой, то образуются белые пары, которые легко поглощаются водою. При этом и образуется соляная кислота.

При действии на минерал фосфор серной кислоты образуется фосфорная кислота, идущая для производства удобрений.



#### ГЛАВА IV

### «ПРИНОСЯЩИЙ ЖИЗНЬ»

#### Что скрывалось под знаком большого пальца

Не очень велик перечень веществ, которыми пользовался средневековый химик. Так, все имеющиеся в его распоряжении соли он мог пересчитать по пальцам.

Кстати говоря, пальцами средневековые химики и пользовались для обозначения химических веществ. В старинных химических книгах нередко можно встретить изображение человеческой руки. Над каждым пальцем — особый знак. Тут есть и ключ. Над мизинцем он обозначает поваренную соль. Над безымянным пальцем — фонарь. Это символ квасцов. Длинный палец — солнце — нашатырь; указательный — звезда — купорос. И наконец, — большой палец. Над ним корона. А увенчивается короной еще одно вещество — селитра, которая почиталась в древности и в средние века наравне с серой. В древних книгах нет недостатка в похвалах селитре. Она и царь всех солей, и мельница, разрушающая всё, и источник огня.

Действительно, в смеси с серой и углем селитра образует взрывчатое вещество.

Не эти ли свойства селитры так привлекли внима-

ние древних? Ведь в отдельности уголь и сера просто горят, а в смеси с селитрой дают «подражающее молнии действие с громом и дымом».

Трудно сказать, кто и когда первый открыл взрывные свойства селитры. Однако уже древнегреческие писатели рассказывали о страшной «огненной» галере. На борту этой галеры стояла большая металлическая труба, из которой с громом и дымом вырывалась огненная струя. Достигая вражеских кораблей, она поджигала их, как щепки.

Это был предшественник пороха — «греческий огонь». Из чего он состоял, — нам неизвестно. Можно предполагать, что наряду с другими составными частями в него входила и селитра.

Настоящий порох, состоящий из серы, угля и селитры, изобретен в Китае. Известно, что в 1237 году китайцы при защите Пекина от монголов использовали гранаты и бомбы, начиненные порохом.

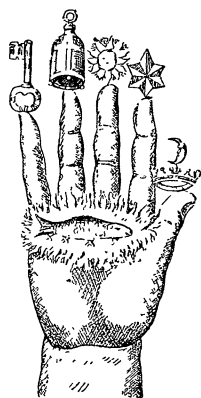
В наши дни селитра известна в качестве замечательного удобрения. Попадая в почву, она способствует росту растений, восстанавливает плодородие истощенной земли. Иными словами, — селитра в руках людей, занятых мирным трудом, приносит жизнь.

Такое свойство селитры, конечно, весьма способствовало ее популярности. Селитра делалась с каждым годом всё более и более необходимой, и спрос на нее сильно возрастал.

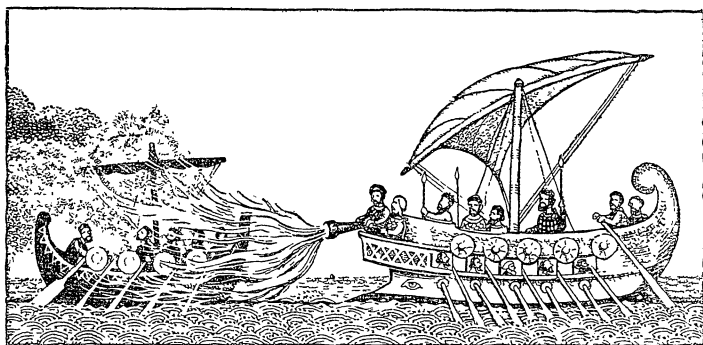
Сначала селитру просто добывали из земли. Но таких залежей на земле очень мало, и они бедны. Поэтому начали готовить селитру искусственно.

Заметили, что эта соль образуется обычно на старых заброшенных усадьбах или на пожарищах. Гниющие бревна, солома после полного разложения оставляли на земле белый налет селитры.

Воспользовавшись этим, стали устраивать специальные «селитренные плантации». В ямы сыпали



«Рука алхимиков».



„Огненная“ галера.

листья, куски полусгнившего дерева, хворост, навоз. Всё это поливали водою и оставляли на долгое время. Постепенно в яме образовывался перегной, из которого можно уже было добыть белый порошок селитры. Если его было много, он сам выступал наружу в виде белого налета, похожего на пух или иней.

Производство селитры в ямах было широко развито у нас в древней Руси. Занимались этим делом специальные люди. Они назывались — «ямчужные» мастера. Селитру, добываемую в ямах, называли: «ямчуг». Конечно, это был несовершенный способ и он давал мало селитры.

Залежей селитры в земле потому так мало, что эта соль очень легко растворяется в воде. Повсюду, где она может образоваться, ее скоро вымывают дожди и почвенные воды. Только в исключительно сухих местах могут накопиться и сохраниться большие запасы этой соли.

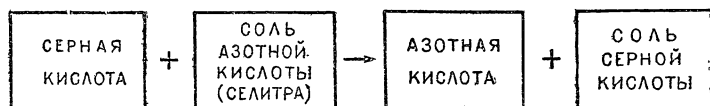
В одном из таких пустынных мест — на берегу Тихого океана, в южноамериканской стране Чили и были открыты колоссальные залежи селитры.

Место, где добывается селитра в Чили, действительно представляет собою сухую пустыню. По нескольким лет здесь не бывает дождей и на большом пространстве не встречается почти никаких растений. Только изредка можно увидеть колючий кактус или желтоватый лишайник.

Каковы же свойства этого замечательного вещества — селитры? Из чего она состоит?

Селитра является солью. Такой же солью, как уже известный нам мирабилит, купоросы, квасцы. Только соль эта уже не серной кислоты, а другой, особой «селитряной» кислоты, или, как ее иначе называют, азотной.

Азотную кислоту можно получать из селитры, если подействовать на нее серной кислотой. Серная кислота встает на место азотной, а азотная — выделяется.



Кислота, полученная из селитры, — азотная кислота, — оказалась настоящей кислотой, вполне заслуживающей этого названия.

Но есть и другие способы получения азотной кислоты.

### «Дух» селитры пойман

Каков же состав кислоты, полученной из селитры?

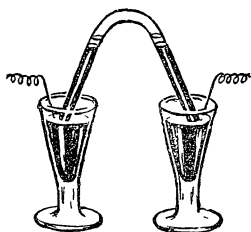
Ведь должна же быть в «селитряном спирте», как и в самой селитре, такая составная часть, которая играла бы ту же роль, что и сера в серной кислоте. Это не может быть сера, потому что кислота из селитры очень сильно отличается от серной кислоты.

Но что это за составная часть?

Мы уже видели, что главную составную часть серной кислоты — серу — открыли давно. Это удалось потому, что сера — твердое вещество, его легко заметить и изучить.

Иное дело — селитра и ее кислота. Основная составная часть селитры — газ. Газ бесцветный, без запаха и вкуса. Едва выделившись, он растворяется в воздухе, и его уже никак не вернуть, потому что воздух в большей своей части состоит из этого же газа. Газ, образовавшийся из селитры, исчезает





Опыт Кавендиша.

в воздухе, как исчезает в океане вода маленького ручейка.

И всё-таки мысль о существовании этой основной части появилась очень давно. О выделяющемся из селитры газе думал еще Ломоносов.

В древности родилось представление о какой-то таинственной «душе селитры».

«Это птичка без крыльев, — говорил об этой «душе» немецкий химик Глаубер, живший в XVII веке, — она пролетает между всеми составными частями и несет с собою дух жизни. От нее происходят минералы, растения и животные.

Это начало никогда не погибает, оно меняет только форму, когда входит в тело животных под видом пищи, выходит оттуда и другим путем возвращается в землю, чтобы подняться с парами и выделениями».

В этих замечательных словах видно не только понимание огромной роли селитры в жизни растений и животных. Глаубер предугадывал существование в ней какой-то составной части. Это «птичка без крыльев», — иными словами, — газ.

Таинственную «душу» селитры удалось до конца раскрыть только в XVIII веке.

Как мы уже не раз говорили, в это время химики очень много занимались исследованием газов. В ту эпоху М. В. Ломоносов ставил свои знаменитые опыты. Тогда же был открыт кислород, изучено горение. В те же годы был исследован и газ, входящий в состав селитры.

Изучая горение, ученые обнаружили, что в воздухе содержится не только кислород. Когда весь кислород выгорает, исчезает лишь около  $\frac{1}{5}$  всего воздуха. Остальные  $\frac{4}{5}$  не поддерживают горение, и животные, помещенные в этот газ, гибнут.

Вновь открытый газ был назван «азотом», что в переводе с греческого означает: «безжизненный». Но в то время никто еще не подозревал, что этот газ имеет отношение к селитре.

Роль азота окончательно раскрылась благодаря опытам английского химика Кавендиша.

Кавендиш применил оригинальный метод для установления состава воздуха. Он не сжигал в нем никаких веществ, не сажал в газ мышей и не ставил растений. Он пропускал через газ электрический ток.

Электрические искры Кавендиш пропускал через трубку с воздухом. Скоро он заметил, что в трубке появились какие-то бурые пары. Пары обладали едким, знакомым химику кислотным запахом. Кавендиш попробовал растворить пары в воде. Это легко удалось. Постепенно удаляя образующиеся бурые пары, Кавендиш замечал, как исчезает воздух из трубки. Ему удалось, наконец, удалить из трубки весь воздух, то есть весь азот и кислород. Оставался в трубке лишь маленький пузырек, образованный различными газами, которые все занимают в объеме воздуха ничтожную долю процента.

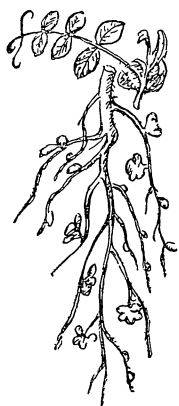
Что же следовало из опытов Кавендиша? Ему впервые удалось соединить азот воздуха. Но с чем? Очевидно, с кислородом, так как в воздухе ведь больше ничего в таком большом количестве не содержится. Новое соединение азота и кислорода оказалось очень интересным.

Уже по одному виду и запаху оно напоминало те бурые пары, которые образуются при действии кислоты из селитры на медь. Сомнения окончательно рассеялись, когда стали изучать воду, поглотившую эти бурые пары. Это была настоящая «кислота селитры».

Так удалось поймать «дух» селитры. Им оказался азот — газ, находящийся в воздухе. Ученые разгадали кислоту селитры не привычным путем, а через соединение с кислородом. Повторилась история серной кислоты, которую удалось получить не с помощью купоросов, а соединением серы с кисло-



Английский химик  
Кавендиш.



Клубеньки на  
корнях бобовых  
растений.

родом — окислением серы. Здесь же окислялся азот.

После этого кислоту селитры стали с полным основанием называть азотной кислотой.

Как видим, ничего таинственного ни селитра, ни ее кислота не содержат. «Дух» селитры — это азот — бесцветный газ, составляющий большую часть окружающей нас атмосферы.

Азот, вопреки своему названию, нужен всем живым организмам. Он является составной частью белка — того сложнейшего вещества, из которого строится всё живое. Но ни животные, ни высшие цветковые растения не могут усваивать азот из воздуха. А там его всего больше. В земной же коре азота ничтожно мало, — около 0,04 процента.

Животные, а также и человек, получают азот из растений. Но сами растения, — как они добывают азот, необходимый для построения органического вещества?

Растения усваивают азот корнями только из почвы, в виде растворов солей. Естественно, что запасы азота в почве должны пополняться, иначе они бы давно иссякли. В природе действительно непрерывно протекают процессы, благодаря которым свободный, находящийся в атмосфере азот попадает в почву.

Интересно, что одним из таких источников пополнения почвы азотом являются грозы. Установлено, что в результате грозовых разрядов в атмосфере образуется азотная кислота.

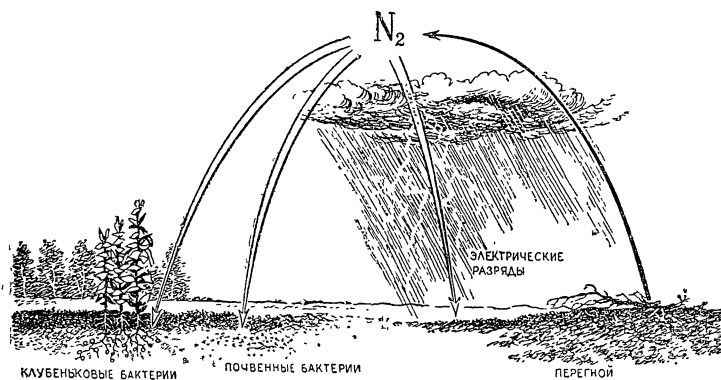
Вспомните опыты Кавендиша, который пропускал через трубку электрические искры и получал азотную кислоту, и вы поймете, что никакого чуда тут нет.

Удалось даже подсчитать, что ежегодно с дождями на земную сушу выпадает около 100 миллионов тонн азотной кислоты, образованной благодаря действию атмосферных электрических разрядов.

Но только небольшая часть из этих 100 миллионов тонн азотной кислоты попадает в почву и усваивается растениями.

Есть еще один важный источник пополнения почвы азотом. Это клубеньковые бактерии, которые развиваются на корнях бобовых растений — клевера, бобов, гороха и других. Клубеньковыми эти бактерии называют потому, что они образуют на корнях клубеньки, которые легко можно увидеть невооруженным глазом. Клубеньковые бактерии обладают способностью улавливать атмосферный азот и переводить его в связанное состояние. Вот почему клевер, люпин и другие бобовые повышают плодородие почвы. Считается, что после посева бобовых в почве прибавляется 100—200 килограммов азота на каждый гектар. В почве есть еще азотобактерии, которые способны улавливать, или, как говорят, фиксировать азот.

Но всех этих источников азота далеко недостаточно. Чтобы растения могли хорошо развиваться, в почву дополнительно вносят соли, содержащие азот. Такими солями являются селитра и другие соли азотной кислоты. Эти соли служат азотными удобрениями. Они широко используются в нашем социалистическом сельском хозяйстве. В последнее время азотные удобрения, как и некоторые другие минеральные



Поглощение и выделение азота в природе.

удобрения, стали вносить в почву в гранулированном виде. Гранулы — это шарики. В таком виде удобрения лучше действуют.

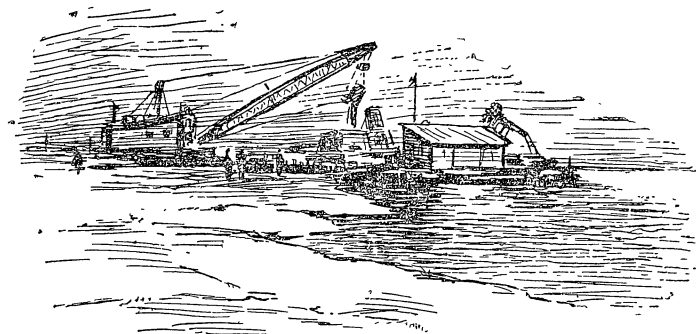
Так выясняется, что «мертвый», «безжизненный» азот необходим для развития жизни во всех ее формах.

Азот и бесчисленные его соединения нужны, конечно, не только для повышения плодородия почвы. Азотная кислота нужна для производства искусственного волокна, красок, различных лекарств, а также взрывчатых веществ.

Таким образом, потребность в самой азотной кислоте, в ее солях и в других соединениях азота очень велика. Вместе с тем источников его получения очень мало. Ведь нельзя же всю азотную кислоту и все соли получать из одной селитры! Мы уже видели, как трудно бывает ее добыть и как она редко встречается в природе.

Поэтому ученые поставили своей задачей научиться добывать азотную кислоту из воздуха. Было предложено много разных способов. Один из них — применение электрического тока; другой — использование способности азота соединяться с водородом и образовывать особый газ — аммиак. Этот аммиак и переводили в азотную кислоту.

Получение азотной кислоты любым из этих способов — дело довольно сложное и дорогое. Но сейчас наука в основном разрешила проблему получения азотной кислоты.



## Г Л А В А V

# СОЛЯНАЯ КИСЛОТА

## Соль соленая

Поваренная соль играет огромную роль в жизни людей.

Взрослый человек потребляет 10—12 граммов соли в день. Значит, в год ему нужно 3—4 килограмма. Растущему организму ребенка нужно гораздо больше соли.

Количество поваренной соли, потребляемое человеком, меняется в зависимости от характера пищи. Например, мясо содержит довольно много соли. В растительной пище соли гораздо меньше. Надо полагать, что человек стал употреблять больше соли, когда начал заниматься земледелием и в его пище появилось больше растительных продуктов.

Поваренная соль состоит из натрия и хлора. В организме человека соль претерпевает сложные химические превращения. Составные части поваренной соли вступают в состав новых химических веществ.

Натрий входит в состав многочисленных солей нашего организма. Эти соли содержатся во всех клет-

ках. Особенно много солей в крови. Соли натрия образуют в крови очень сложные смеси.

Поваренная соль нужна для образования соляной кислоты, которая содержится в желудочном соке. Значение соляной кислоты для пищеварения огромно. Она способствует перевариванию пищи и убивает бактерии, попадающие в желудок вместе с пищей.

Ясно, что соль нужна не только для придания пище вкуса, — она необходима для нормального развития организма.

Не все народы научились сразу добывать соль. Знаменитый русский путешественник Н. Н. Миклуха-Маклай, побывавший на островах Тихого океана в XIX веке, рассказывает, что жители Новой Гвинеи не умели в то время добывать соль, а пользовались морской водой. Чаще всего папуасы употребляли куски дерева, долго пролежавшие в море и пропитанные солью. Куски дерева сжигали, а золу ели. Это считалось большим лакомством. Когда жители прибрежных деревень, собирались в гости к родным и друзьям, живущим в горах, то в виде подарка несли обычно куски «соленого» дерева.

Соль издавна служила символом гостеприимства, благополучия. Недаром существует старинный русский обычай встречать дорогих гостей «хлебом-солью».

С солью связаны многие народные поверья, сказания, поговорки. Заметив, что соль предотвращает гниение продуктов, люди стали приписывать ей иногда даже волшебные свойства. Считалось, что соль предохраняет от злых духов, ведьм и всякой «нечистой силы». Люди носили брошки или амулеты из соли, клали щепотку соли в карман, полагая, что она принесет им счастье, и т. д.

Во многих местах соль была очень дорога и нередко выдавалась в виде большой награды.

Солью платили жалованье, ею пользовались как деньгами. М. В. Ломоносов рассказывал, что в его время в Абиссинии были в ходу деньги из соли в виде кирпичей. За три-пять кусков соли покупали раба.

Князья, помещики, владевшие местами добычи со-

ли, имели от этого больше дохода, чем от золота, серебра или жемчуга.

В России с незапамятных времен было известно много богатых месторождений соли. Соль в России могла бы быть дешевой, но купцы и помещики, владевшие соляными промыслами, с целью наживы повышали цены. Поэтому соль была не всем доступна. Особенно часто страдали от отсутствия соли крестьяне.

В поэме Некрасова «Кому на Руси жить хорошо» рассказывается о Домнушке, простой крестьянке, «батрачке безответной». Она

„Всю жизнь о соли думала,  
О соли пела Домнушка,  
Стирала ли, косила ли,  
Баюкала ли Гришеньку“.

Бедствия из-за высоких цен на соль не раз вызвали народные восстания. Некоторые из таких восстаний называются в истории «соляными бунтами».

Один из самых больших «соляных бунтов» случился в Москве в 1648 году.

Соль нужна и животным. Животные, долго не получавшие соль, начинают искать ее повсюду.

Охотники знают, что нередко можно поймать зверя на приманку из соли. Зверей также часто подстерегают у солончаков или соленых озер, куда они приходятлизать соль.

Домашним животным человек старается сам дать соль. Скотоводы нередко пригоняют стада на солончаки.

Рассказывают, что одно крупное месторождение соли было открыто благодаря пристрастию коров к соленому. Жители городка заметили, что коровы часто уходили на лесное озеро и особенно охотно пили из него. Крестьяне догадались, что в озере откладывается соль, и начали здесь разработки. Так, по преданию, возник город Сольвычегодск.

Поваренную соль в наши дни добывают различными способами. Один из способов — получение соли из морской воды. Но гораздо чаще поваренную соль у нас добывают из соляных озер, которых очень много в низовьях Волги, в Средней Азии и других местах.





Добыча морской соли в старину.

На таких водоемах не нужно устраивать специальные бассейны для испарения воды. Бассейном является само озеро. На дно его в теплое время года отлагаются новые и новые слои соли.

Одним из самых удобных озер для добычи соли является у нас озеро Баскунчак, расположенное недалеко от Волги. Это поистине неисчерпаемый источник соли.

Озеро это питается подземными соляными ключами, которые непрерывно приносят соль в водоем. Каждые сутки в озеро поступает 800 тонн соли. Кроме того, на дне озера лежит уже накопившийся в прежние время слой соли толщиной до 20 метров. В окрестностях озера обнаружены колоссальные подземные залежи соли. Глубину этих залежей так и не удалось установить. Скважину прорыли до глубины 257 метров и не дошли до конца соляного пласта.

Соль на озере Баскунчак добывается с давних времен. До Великой Октябрьской социалистической революции условия труда на промысле были очень тяжелые. Соль сгребали лопатами. Рабочие стояли

по колено в едкой «рапе» — густой смеси воды и соли. Соль разъедала кожу и вызывала долго не заживающие раны.

В годы советской власти началась механизация соляных промыслов. Был изобретен солесос — машина для добычи соли. Это огромная труба, соединенная с насосом. В трубу засасывается со дна вместе с водой соль. Особыми машинами соль отделяется от воды и поступает для отправки на берег. Солесос обычно движется по специальной платформе. Эта платформа стоит на рельсах, которые проложены прямо по дну озера.

На соляных озерах соль выпадает сама и поэтому называется самосадочной.

Почти половину всей добычи соли в нашей стране составляет каменная соль. Она образует мощные залежи под землей, и ее добывают в шахте, как каменный уголь.

Каменная соль настолько тверда, что из нее, как из камня, делают статуэтки и другие украшения. А шахта, где добывается каменная соль, не нуждается в креплениях. Сама соль, в которой вырублены переходы и камеры, служит прекрасной опорой.

Камеры, в которых производится добыча соли, часто бывают очень больших размеров. Это огромные залы шириной в 100 и более метров, длиной в 250 метров. В такую камеру можно поместить несколько больших городских домов.

Воздух соляных шахт обычно гораздо чище, чем угольных, а просторные камеры при хорошем электрическом освещении очень красивы благодаря ослепительному блеску и белизне кристаллов соли.

Очень крупные соляные шахты имеются у нас в Донбассе, — в том же районе, где расположены и угольные шахты.



Кристаллы каменной соли.

Наша страна стоит на первом месте по запасам каменной соли. Почти по всему Уральскому хребту залегают огромные количества каменной соли. На севере, в верховьях реки Камы, они занимают площадь в 6 000 квадратных километров при мощности в 450—500 метров. В Башкирии и других местах залежи не менее значительны.

Добыча поваренной соли в нашей стране непрерывно увеличивается.

Поваренная соль идет не только в пищу. Химическая промышленность широко использует ее для производства разнообразных продуктов.

Из поваренной соли добывают хлор, белильную известь.

### Без кислорода

Какое же всё-таки отношение имеет поваренная соль к соляной кислоте, которой, собственно, и посвящена эта глава книжки?

Поваренная соль — это соль соляной кислоты. Соляная кислота принадлежит к кислотам бескислородным. В ее состав входят водород и хлор — ничего больше.

Состав соляной кислоты, как мы уже знаем, долго не удавалось разгадать. Ученые никак не могли отрешиться от теории Лавуазье, который утверждал, что любая кислота содержит кислород.

Чтобы убедиться в том, что Лавуазье был неправ, надо было прежде всего раскрыть тайну хлора, входящего в состав соляной кислоты. Этому помогло изучение процессов отбелики тканей в промышленности.

Ткани, выпускаемые текстильными фабриками или сработанные на ручных станках, отбеливают. Прежде, почти до самого конца XVIII века, холсты, полотна отбеливались так называемым луговым способом. В погожие летние дни холсты раскладывали просто на траве. Солнце и кислород воздуха совершают отбелку тканей не только летом, но и ранней весной, когда еще не сошел снег.

Такой способ отбелики можно и сейчас видеть в некоторых районах нашей страны, особенно на севере.

Когда стало развиваться фабричное производство тканей, все убедились, что луговой способ отбелики тормозит дело. Для луговой отбелики нужно несколько недель, а иногда и месяцев при хорошей погоде. Надо было найти новый, более совершенный способ отбелики тканей.

Тогда-то ученые вспомнили об одном открытии.

В 1774 году шведский химик А. Шееле, изучая, как и многие химики того времени, различные газы, открыл бурно-зеленоватый газ. Выделялся этот газ при действии соляной кислоты на особый минерал — пиролюзит. Несколько позже вновь открытый газ был назван хлором — от греческого «хлорос», что означает «зеленый».

Оказалось, что, попадая в воду, хлор растворяется в ней и придает ей способность отбеливать ткани.

Такая, обработанная хлором, вода действует на холст не хуже свежего воздуха и лучей солнца. А главное, отбелку хлором можно производить в помещениях, и она длится не недели, а несколько часов.

Новый способ беления хлором сразу завоевал себе широкое применение. Хлором стали насыщать не только воду. Оказалось возможным действовать хлором на известь. Получалась «белильная известь», пользоваться которой удобнее, чем раствором хлора в воде.

Но что же такое сам хлор? Успехи применения нового метода отбелики заставили ученых более подробно изучить свойства хлора и соляной кислоты.

Прежде всего были изучены те превращения, которые претерпевает хлор, попадая в воду. Оказывается, в хлорной воде выделяется кислород. Именно этот кислород и осуществляет беление, действуя так же, как кислород воздуха при белении «на лугах».

Но откуда берется этот кислород? Вероятно, думали некоторые химики, кислород содержится в самом хлоре. Это подтверждается его белящими свойствами. Но тогда прав Лавуазье: раз кислород есть в хлоре, то естественно, что он содержится и в соляной кислоте, куда хлор входит составной частью.



В таких костюмах обрабатывают белильную известь.

Но тут возникали и другие предположения. Почему хлор выделяет кислород — если он его содержит — только в воде? Ведь может же быть и так, что кислород выделяется в данном случае из воды, а не из хлора?!

Чтобы во всем этом разобраться, нужно было обязательно получить кислород из чистого хлора — при отсутствии воды.

Такую задачу и поставил перед собою английский химик Гемфри Дэви. Чего только не делал он с хлором! И нагревал его и действовал током — всё безрезультатно. Создавалось впечатление, что в хлоре нет кислорода. Окончательно убедило в этом химиков применение к хлору древнего способа восстановления металлов из руды углем.

Руда чаще всего представляет собою окалину — окись. Если нагревать руду с углем, то уголь отнимет кислород от металла — и получится чистый металл. Этот процесс восстановления металлов из руд используется в металлургии издавна.

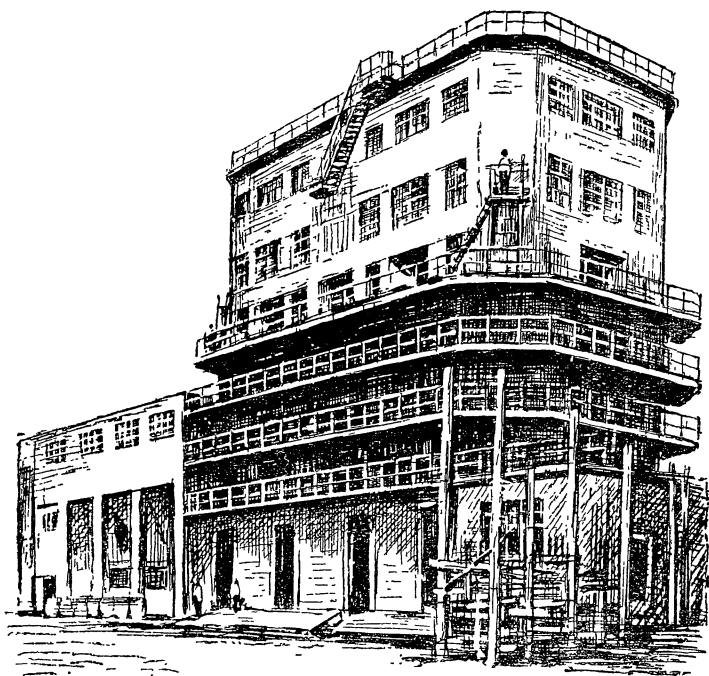
Так вот, если хлор есть соединение какого-то неизвестного элемента с кислородом, то с помощью угля

от хлора можно также отнять кислород и получить этот неизвестный элемент.

Такой опыт ставили вновь и вновь, и он оказывался безрезультатным. После этого и созрело убеждение, что в хлоре не только нет и не может быть кислорода, но и вообще нет никаких других составных частей. Хлор — простое вещество.

Так была разрешена загадка хлора. Разрешение этой загадки сыграло важную роль в разработке современной теории кислот.

Свойства соляной кислоты изучены сейчас достаточно хорошо. Про нее можно сказать, что это типичная кислота, обладающая сильными кислотными свойствами. Ее часто называют дымящей, так как она в концентрированном виде дымит на воздухе, выделяя хлористый водород.



Камера для производства белильной извести.

Производство соляной кислоты проще, нежели азотной или серной. В лабораториях для этого пользуются поваренной солью, которую подогревают в смеси с серной кислотой. При этом выделяется хлористый водород. Это газ, который, смешиваясь с водой, и дает соляную кислоту.

На химических заводах для получения соляной кислоты пользуются не поваренной солью, а прямо хлористым водородом, который получают непосредственным соединением хлора и водорода. Хлор сжигают в струе водорода в особой печи. Полученный таким способом хлористый водород очищают в специальной башне, затем пропускают через особые сосуды, где, проходя над водой, газ растворяется и дает соляную кислоту.

Соляная кислота находит самое широкое применение.

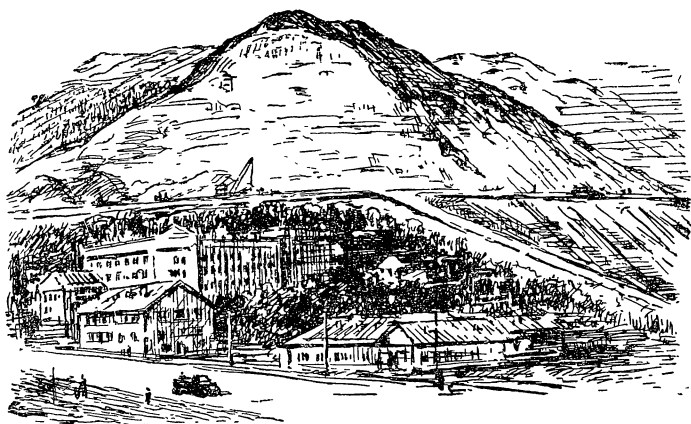
В промышленности соляную кислоту применяют для обработки кож, для очистки стальной проволоки и стальных пластин перед гальванизацией, для приготовления активированного угля и производства солей.

Вот как, например, используют соляную кислоту для паяния.

Чтобы очистить место спая, его обрабатывают так называемой «травленой кислотой». Она представляет собою не что иное, как соль цинка и соляной кислоты (хлористый цинк). «Травленую кислоту» получают путем растворения кусочков цинка в кислоте. В результате цинк вытесняет из соляной кислоты водород, образуя соль.

Когда «травленой кислотой» смазывают место спая, поверхностная ржавчина вступает с «кислотой» во взаимодействие и удаляется с поверхности. При последующем нагревании места спая соль покрывает тонким слоем поверхность металла, обеспечивая тем самым хороший контакт с припоем.

Применяют соляную кислоту также при получении глюкозы, при выработке спирта, сахара и в ряде других производств.



## Г Л А В А VI

### «НЕСУЩИЙ СВЕТ»

#### От «философского камня» к простой спичке

В 1669 году гамбургский алхимик Геник Бранд, выпаривая свежую мочу, получил какое-то белое вещество, которое излучало свет.

Бранд был потрясен. Как и все алхимики, он искал «философский камень», с помощью которого можно превращать простые металлы в золото. Ему казалось, что этот камень, светящийся во тьме холодным белым светом, наконец, найден.

Вновь открытое вещество в действительности было новым, неизвестным дотоле телом. Его назвали фосфором, что в переводе с греческого означает «несущий свет».

Сначала фосфор приготавливали из органических веществ, а потом научились извлекать его из костей. Кости содержат большое количество фосфора. Многие месторождения фосфоритов образовались в тех



местах, где в отдаленные геологические эпохи скопилось много остатков организмов. То ли свойство фосфора светиться, то ли просто случай позволил обнаружить, что смесь фосфора с некоторыми веществами (азотнокислым свинцом, бертолетовой солью) при трении легко воспламеняется.

Почему это было так важно, станет ясно, если вспомнить, что до 30-х годов XIX века не было изобретено ни одного достаточно удобного средства добывать огонь. Конечно, в XIX веке уже не пользовались первобытными способами добывания огня путем трения сухого дерева. Но кремль и стальное огниво были в широком употреблении. Химики разных стран уже успели придумать несколько способов добывания огня без кремня, но все эти способы были очень неудобны.

Так, например, «химическое огниво» французского химика Шанселя состояло из набора щепочек, с нанесенным на них слоем серы, из пасты, клея, сахара и других веществ. Для того, чтобы зажечь такую «спичку», ее нужно было сначала опустить в баночку с серной кислотой. Понятно, что такие «спички» носить в кармане даже опасно, а пользоваться ими — трудно и неудобно. Были другие, может быть очень остроумные, но мало удобные изобретения.

Поэтому открытие воспламеняемости смеси некоторых веществ с фосфором имело большое значение. Сразу же было



«Зажигалки» начала XIX века: слева — водородное «огниво»; в центре — прибор для получения огня с помощью сжатого воздуха; справа — палочки с фосфором и банка с серной кислотой.

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

периоды	ряды	Г Р У П П Ы      Э Л Е М Е Н Т О В									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		O
I	1	<b>H</b> <sup>1</sup> ВОДОРОД 1,0080									<b>2 He</b> ГЕЛИЙ 4,003
II	2	<b>Li</b> <sup>3</sup> ЛИТИЙ 6,940	<b>Be</b> <sup>4</sup> БЕРИЛЛИЙ 9,02	<b>B</b> <sup>5</sup> БОР 10,82	<b>C</b> <sup>6</sup> УГЛЕРОД 12,010	<b>N</b> <sup>7</sup> АЗОТ 14,008	<b>O</b> <sup>8</sup> КИСЛОРОД 16,0000	<b>F</b> <sup>9</sup> ФТОР 19,00			<b>10 Ne</b> НЕОН 20,183
III	3	<b>Na</b> <sup>11</sup> НАТРИЙ 22,997	<b>Mg</b> <sup>12</sup> МАГНИЙ 24,32	<b>Al</b> <sup>13</sup> АЛЮМИНИЙ 26,97	<b>Si</b> <sup>14</sup> КРЕМНИЙ 28,06	<b>P</b> <sup>15</sup> ФОСФОР 30,98	<b>S</b> <sup>16</sup> СЕРА 32,06	<b>Cl</b> <sup>17</sup> ХЛОР 35,457			<b>18 Ar</b> АРГОН 39,944
IV	4	<b>K</b> <sup>19</sup> КАЛИЙ 39,096	<b>Ca</b> <sup>20</sup> КАЛЬЦИЙ 40,08	<b>Sc</b> <sup>21</sup> СКАНДИЙ 45,10	<b>Ti</b> <sup>22</sup> ТИТАН 47,90	<b>V</b> <sup>23</sup> ВАНАДИЙ 50,95	<b>Cr</b> <sup>24</sup> ХРОМ 52,0	<b>Mn</b> <sup>25</sup> МАРГАНЕЦ 54,93	<b>26 Fe</b> ЖЕЛЕЗО 55,85	<b>27 Co</b> КОБАЛЬТ 58,94	<b>28 Ni</b> НИКЕЛЬ 58,69
	5	<b>29 Cu</b> МЕДЬ 63,57	<b>30 Zn</b> ЦИНК 65,38	<b>31 Ga</b> ГАЛЛИЙ 69,72	<b>32 Ge</b> ГЕРМАНИЙ 72,60	<b>33 As</b> МЫШЬЯК 74,91	<b>34 Se</b> СЕЛЕН 78,96	<b>35 Br</b> БРОМ 79,916			<b>36 Kr</b> КРИПТОН 83,7
V	6	<b>Rb</b> <sup>37</sup> РУБИДИЙ 85,48	<b>Sr</b> <sup>38</sup> СТРОНЦИЙ 87,63	<b>Y</b> <sup>39</sup> ИТТРИЙ 88,92	<b>Zr</b> <sup>40</sup> ЦИРКОНИЙ 91,22	<b>Nb</b> <sup>41</sup> НИОБИЙ 92,91	<b>Mo</b> <sup>42</sup> МОЛИБДЕН 95,95	<b>Tc</b> <sup>43</sup> ТЕХНЕЦИЙ (99)	<b>44 Ru</b> РУТЕНИЙ 101,7	<b>45 Rh</b> РОДИЙ 102,91	<b>46 Pd</b> ПАЛЛАДИЙ 106,7
	7	<b>47 Ag</b> СЕРЕБРО 107,880	<b>48 Cd</b> КАДМИЙ 112,41	<b>49 In</b> ИНДИЙ 114,76	<b>50 Sn</b> ОЛОВО 118,70	<b>51 Sb</b> СУРЬМА 121,76	<b>52 Te</b> ТЕЛЛУР 127,61	<b>53 I</b> ИОД 126,92			<b>54 Xe</b> КСЕНОН 131,3
VI	8	<b>Cs</b> <sup>55</sup> ЦЕЗИЙ 132,91	<b>Ba</b> <sup>56</sup> БАРИЙ 137,36	<b>57-71</b> ЛАНТАН и ЛАНТАНОИДЫ	<b>Hf</b> <sup>72</sup> ГАФИЙ 178,6	<b>Ta</b> <sup>73</sup> ТАНТАЛ 180,88	<b>W</b> <sup>74</sup> ВОЛЬФРАМ 183,92	<b>Re</b> <sup>75</sup> РЕНИЙ 186,31	<b>76 Os</b> ОСМИЙ 190,2	<b>77 Ir</b> ИРИДИЙ 193,1	<b>78 Pt</b> ПЛАТИНА 195,23
	9	<b>79 Au</b> ЗОЛОТО 197,2	<b>80 Hg</b> РТУТЬ 200,61	<b>81 Tl</b> ТАЛЛИЙ 204,39	<b>82 Pb</b> СВИНЕЦ 207,21	<b>83 Bi</b> ВИСМУТ 209,00	<b>84 Po</b> ПОЛОНИЙ (210,0)	<b>85 At</b> АСТАТ (211)			<b>86 Rn</b> РАДОН 222
VII	10	<b>Fr</b> <sup>87</sup> ФРАНЦИЙ (223)	<b>Ra</b> <sup>88</sup> РАДИЙ 226,05	<b>89-103</b> АКТИНИЙ и АКТИНОИДЫ							



— ЭЛЕМЕНТЫ, ДАЮЩИЕ СИЛЬНЫЕ КИСЛОТЫ



— ЭЛЕМЕНТЫ, ДАЮЩИЕ СЛАБЫЕ КИСЛОТЫ

МЕТАЛЛОИДЫ (НЕМЕТАЛЛЫ)



— ЭЛЕМЕНТЫ, ДАЮЩИЕ ЩЕЛОЧИ

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА

<b>K</b>	<b>19</b>
<b>КАЛИЙ</b>	
39,096	

— ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР ЭЛЕМЕНТА

— НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА

АТОМНЫЙ ВЕС ЭЛЕМЕНТА

На этой таблице особой штриховкой показано, как расположены в системе Д. И. Менделеева элементы, дающие кислоты и щелочи.

организовано несколько заводов, изготовлявших эту зажигательную смесь. Смесь наносилась на концы сухих деревянных палочек. Так появились первые спички.

Однако и новый способ добывания огня был далек от совершенства. Во-первых, спички иногда сами воспламенялись и вызывали пожар, во-вторых, они были ядовиты. Оказалось, что белый светящийся фосфор ядовит. Даже маленькая крупинка этого вещества вызывает сильное отравление.

Но вскоре и эту трудность удалось преодолеть. В 1847 году была открыта удивительная способность белого фосфора при нагревании переходить в красный. С фосфором при этом ничего не происходит, он ни с чем не соединяется, не окисляется, а просто переходит в другую форму. Красный фосфор, не будучи ядовитым, для получения пламени вполне может заменить белый.

С тех пор только красный фосфор и стали употреблять при производстве спичек. При этом его стали наносить уже не на головку спички, а на боковую поверхность коробки. Это оказалось удобным. Головка же спички теперь не содержит фосфора, а состоит из смеси других веществ, легко воспламеняющихся.

Так был снят покров таинственности с «философского камня», открытого почти три века назад. Светящееся горючее вещество служит нам повседневно для добывания огня. Но значение фосфора в наши дни этим не исчерпывается.

## Две фосфорные кислоты

При горении фосфора появляется белый дым. Попадая в воду, этот дым образует кислоту, точно так же, как пары, выделяющиеся при горении серы, в соединении с водой образуют серную кислоту.

Какая же кислота создается горящим фосфором? Очевидно, фосфорная. Та ли это фосфорная кислота, которую получают из всем известного минерала фосфорита, идущего для производства удобрений?

Узнать это можно следующим способом.

Издавна в химии применяется способ определения состава вещества, основанный на получении осадков разного цвета и вида.

Вот растворы серной и соляной кислот. Если эти кислоты налить в одинаковые стаканчики, то по виду их не отличить друг от друга: две прозрачные жидкости, и больше ничего. Но стоит только пустить в каждую кислоту несколько капель раствора ляписа, как сразу бросится в глаза резкая разница. В соляной кислоте появится муть и белый осадок, а раствор серной кислоты останется прозрачным. Если же взять хлористый барий и тоже прилить его в оба стаканчика, произойдет обратное явление. Там, где была серная кислота, появится осадок, там, где соляная, — всё останется без изменений.



Проделиаем нечто подобное с фосфорной кислотой. И вот что получится: та кислота, которая образовалась при попадании в воду паров горящего фосфора, даст с ляписом белый осадок. Но удивительное дело, если эту кислоту просто прокипятить, то при действии того же ляписа появляется уже не белый, а желтый осадок.



В чем же тут дело?

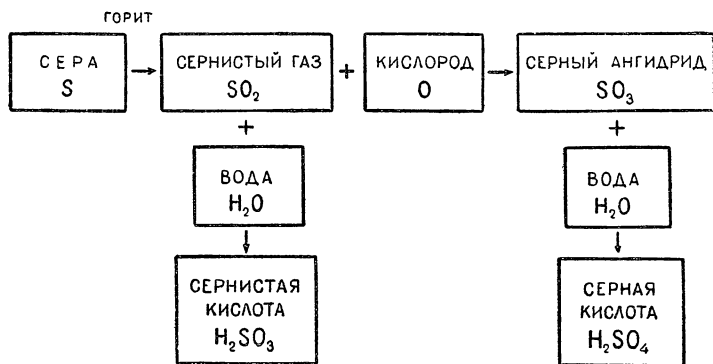
Ведь в обоих случаях была взята только фосфорная кислота. Никаких новых веществ при кипячении в нее не прибавилось и никакого вещества не выделилось. И всё-таки свойства менялись.

Когда ученые впервые открыли это явление, оно заставило их глубже заняться изучением состава фосфорной кислоты.

Какая же разница между двумя этими фосфорными кислотами? Может быть, такая же, как между серной и сернистой кислотой? Оказывается, нет.

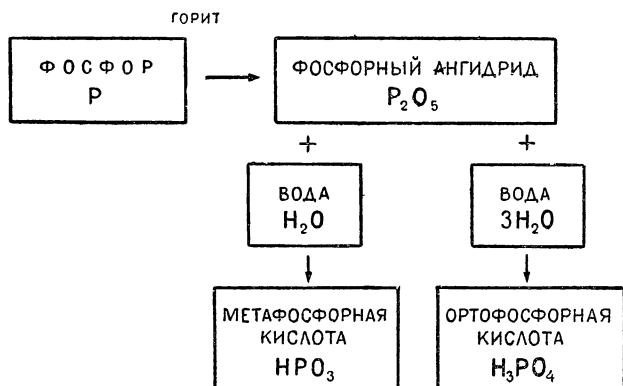
Для того, чтобы понять всё это, нужно сказать несколько слов о роли воды в кислотах.

Мы знаем, что пары, образующиеся при горении серы, попадая в воду, дают сернистую кислоту. Если к сернистому газу присоединить кислород, получится «серный ангидрид», который, попадая в воду, тоже даст кислоту.



Значит, разница между серной и сернистой кислотами — в том, что они образуются при присоединении воды к разным веществам.

Совсем иное дело, когда образуются фосфорные кислоты. Здесь вода присоединяется к парам горящего фосфора. (Эти пары представляли собою вещество, названное фосфорным ангидридом.) Только сначала к фосфорному ангидриду присоединяется одна частичка воды, а после кипячения — три частички.



Первая кислота названа метафосфорной (непроткипяченная). Вторая — ортофосфорной (проткипяченная).

Теперь ясно, какую большую роль играет вода при образовании кислот.

### Зеленый камень — друг урожая

«На севере, на склонах покрытых снегом горных хребтов, идет грандиозная добыча светлозеленого полезного ископаемого апатита... Зеленый камень апатит идет на большие обогатительные фабрики, его размельчают, отделяют от других вредных составных частей и получают чистый белый порошок, рассыпчатый и мягкий, как мука. Его грузят в вагоны, и десятки поездов направляются с далекого Заполярья на заводы Ленинграда, Москвы, Одессы, Винницы, Донбасса, Молотова и Куйбышева, чтобы там превратить его в новое вещество, в новый белый порошок — растворимый фосфат для удобрений. Миллионы тонн этих фосфорных соединений рассеиваются особыми машинами по полям нашей страны, удваивая урожайность льна, свеклы и хлопка, увеличивая сахаристость сахарной свеклы, умножая число коробочек хлопка, повышая плодородие огородных культур».

Так описывает выдающийся советский ученый А. Е. Ферсман разработку апатитов Хибинских гор.

Все другие фосфорные удобрения (фосфориты и пр.) являются солями уже известной нам ортофосфорной кислоты, которую для краткости называют просто фосфорной.

Фосфорные удобрения очень широко применяются во всех отраслях сельского хозяйства. Фосфор — элемент жизни — нужен всем живым организмам. Человеку фосфор нужен для нормального развития и работы мозга, для построения костей.

Под Ленинградом провели такой опыт: обогатили фосфором некоторые рыбные пруды. И что же? Рыбы стали расти гораздо быстрее.

Растения берут фосфор из почвы. Внося в почву при посеве или в период роста и развития растения фосфорные удобрения, мы даем растениям дополнительное питание, и они дают повышенный урожай.

Одно из самых распространенных минеральных удобрений — суперфосфат. Приготавливают его следующим образом.

В специальных дробилках куски фосфорита сильно измельчают, затем смешивают с серной кислотой. В больших котлах смесь 70 процентов серной кислоты и фосфоритов энергично перемешивают специальной мешалкой, а затем выгружают в камеры, где в течение 20—30 минут продукт «вызревает». Температура во время такого «созревания» доводится до 100—115°. Затем суперфосфат перевозят на склады, где после 10—20 дней хранения он рассыпается в сероватый порошок, готовый к употреблению.

Производство суперфосфата, как мы видим, напоминает производство соляной или азотной кислоты. Там тоже на соль или на селитру действуют серной кислотой. Только там, в конце концов, получаются кислоты, а здесь — суперфосфаты. В действительности разница здесь даже меньше, чем кажется на первый взгляд. В результате действия серной кислоты на фосфорит действительно выделяется фосфорная кислота. Всё дело только в том, что при производстве суперфосфата фосфорная кислота не отделяется, а обра-

зовавшись, соединяется снова с избытком фосфорита, поэтому-то мы ее и не замечаем.

Чтобы получить чистую фосфорную кислоту, этот же процесс ведут и другим способом.

Суперфосфат применяли всегда для удобрения в виде порошка. В последние годы всё шире применяется гранулированный суперфосфат, который лучше усваивается корнями растений. Когда мы вносим в почву порошковидный суперфосфат, то образуются трудно растворимые соли фосфорной кислоты и таких металлов, как железо и алюминий. В таком виде удобрения становятся менее доступными для усвоения корневой системой. Когда же мы вносим гранулы — круглые шарики, — скажем, в рядки вместе с семенами, то эти гранулы меньше соприкасаются с почвой, чем порошок. Поэтому фосфорная кислота, содержащаяся в грануле, меньше связывается и более доступна для усвоения.

В чистом виде фосфорная кислота представляет собой белые кристаллики, а продается она обычно в смеси с водой, в виде густого сиропа.

Благодаря своему приятному кисловатому вкусу фосфорная кислота применяется в пищевой промышленности, как заменитель лимонной кислоты. Примесь некоторых соединений фосфорной кислоты к лакам повышает их стойкость, не дает им быстро растрескиваться. Изделия из пластмасс становятся от фосфорной кислоты менее хрупкими.

Как мы видим, и эта кислота имеет самое широкое применение.





## ГЛАВА VII

### УГОЛЬНАЯ КИСЛОТА И ЕЕ «РОДСТВЕННИКИ»

#### В химической лаборатории зеленого листа

«Когда-то, где-то на землю упал луч солнца, но он упал не на бесплодную почву, он упал на зеленую былинку пшеничного ростка, или, лучше сказать, на хлорофилловое зерно. Ударяясь о него, он потух, перестал быть светом, но не исчез. Он только затратился на внутреннюю работу, он рассек, разорвал связь между частицами углерода и кислорода, соединенными в углекислоте. Освобожденный углерод, соединяясь с водой, образовал крахмал».

Так описывает удивительные превращения, происходящие в зеленом листе под влиянием света, великий русский ученый Климент Аркадьевич Тимирязев.

Солнечные лучи поглощаются мельчайшими зелеными тельцами — хлорофилловыми зернами, которые содержатся в листе. Благодаря лучу солнца в листе, как в маленькой химической лаборатории, происходит превращение одних веществ в другие.

Заглянем в эту лабораторию.

В воздухе кроме азота и кислорода в небольшом количестве содержится еще и углекислый газ.

Газ этот, который получается при горении дерева, угля, выделяется также при дыхании человека и животных. Очень чистый, приготовленный, например, сжиганием сахара, уголь представляет собой простое вещество. Он состоит только из одной составной части — углерода. Углерод потому отличают по названию от угля, что углерод может составлять еще два простых вещества — алмаз и графит. Оказывается, и алмаз, и графит, и уголь имеют один и тот же состав, но совершенно различный внешний вид и свойства. Разница между ними происходит от различного расположения в них атомов углерода.

Так вот, если сжигать уголь (или графит, или алмаз), то получится углекислый газ, так же как при прокаливании металлов образуется окалина.

Формула углекислого газа —  $\text{CO}_2$ . (Здесь С — углерод, от латинского слова «карбонеум» — «carboneum».)

Этот-то углекислый газ и поглощается растениями.

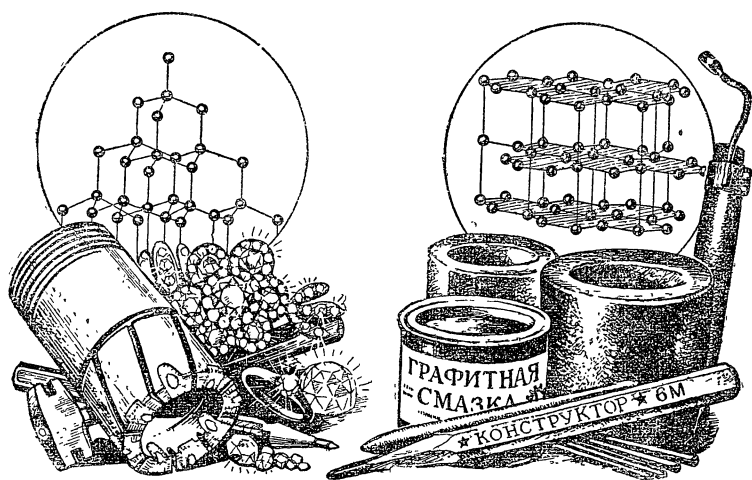
Соединяясь с водой и отделяя от себя кислород, углекислый газ превращается постепенно в сахаристые вещества. Сначала это глюкоза, а потом и более сложные сахара, вплоть до крахмала.

Процесс улавливания зелеными растениями углекислого газа и превращения его в органические соединения называется фотосинтезом.

Фотосинтез — важнейшая химическая реакция, происходящая в природе. Под влиянием солнечного луча такие несложные вещества, как углекислый газ и вода, превращаются в крахмал и сахар. Нигде больше, кроме растений, подобные превращения не происходят. Таким образом, растения, накапливая огромные массы органических веществ, «приготавливают» пищу для человека и животных. Превращения, легко происходящие в растениях, оказалось очень трудным повторить в лаборатории. Однако удалось сделать очень многое. Хотя полного превращения углекислого газа и воды в крахмал химики еще не произвели, однако многие искусственные сахаристые вещества уже получают. Первое искусственное сахаристое вещество приготовил знаменитый русский химик А. М. Бутлеров.



К. А. Тимирязев.



Изделия из алмаза (слева) и графита.

Процесс усвоения углекислого газа зеленым листом занимает умы ученых давно. Считалось, что растения могут поглощать углекислый газ только листьями. Но в последнее время советским ученым удалось установить, что растения могут брать углекислый газ также из почвы, — корнями.

Если вам доведется побывать в крупных наших теплицах, где выращивают огурцы, помидоры и другие овощи, обратите внимание на особые приборы, которые стоят по бокам, а иногда в центре теплиц. Вам расскажут, что это аппараты, вырабатывающие углекислый газ для «воздушного удобрения» растений. В весенние солнечные дни растения, высаженные в теплицах очень густо, поглощают столько углекислого газа, что его начинает не хватать в атмосфере теплицы. Чтобы фотосинтез шел нормально, растениям с помощью аппаратов, вырабатывающих углекислый газ, дают углекислую «подкормку». Получая регулярно дополнительные порции углекислого газа, потребные для создания органического вещества, растения развиваются лучше, дают более ранний и более высокий урожай. Но если растения поглощают углекислый газ,

то существует немало процессов, при которых он выделяется. Прежде всего это горение. Горение дров, угля, кокса — всё это, как уже сказано, приводит к образованию углекислого газа. Наконец, большое количество углекислого газа выделяется живыми организмами при дыхании. Человек за сутки выдыхает около килограмма углекислого газа, а при усиленной физической работе — до полутора килограммов.

Углекислый газ выбрасывается различными подземными источниками. Такие источники действуют, например, у нас на Кавказе, в Кисловодске и в других местах. Целебные минеральные воды содержат большое количество углекислого газа.

Таким образом, в природе непрерывно и поглощается и выделяется углекислый газ. При этом количество его в атмосфере заметно не меняется. Значит, количество выделившегося углекислого газа равно количеству поглощенного.

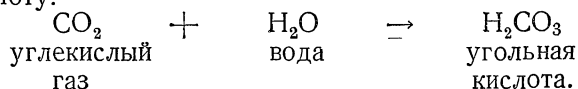
Всегда ли так обстояло дело?

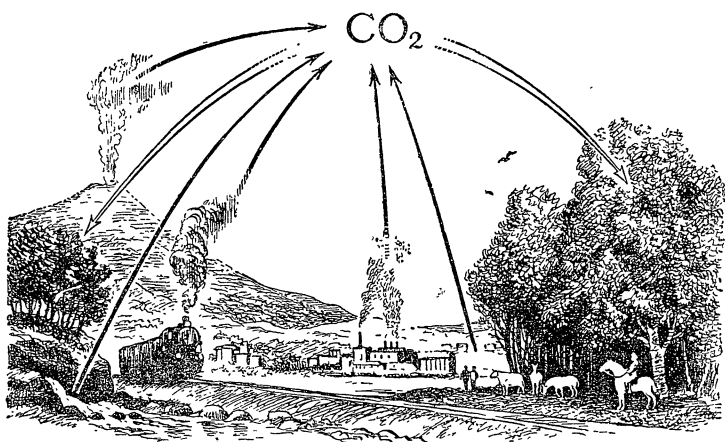
Повидимому, нет. Ученые установили, что на первых стадиях развития земли, когда жизни на ней еще не было, или она только зарождалась, — атмосфера состояла из азота и большого количества углекислого газа. В таком виде атмосфера «молодой» земли напоминала атмосферу одной из планет солнечной системы — Венеры. Как только на земле стала развиваться жизнь, — углекислый газ начал исчезать в атмосфере и место его занимал образовавшийся кислород.

Такова сложная история углекислого газа.

### Слабейшая кислота

Откуда пошло название «углекислый газ»? Ведь иногда этот газ даже неправильно называют углекислотой. Действительно, углекислый газ — это не кислота. Но, соединяясь с водою, углекислый газ дает кислоту:





Поглощение и выделение углекислого газа в природе.

Итак, угольная кислота образуется из воды и углекислого газа так же, как серная — из серного ангидрида и воды. Но как не похожи друг на друга две эти, казалось бы, одинаковым способом образовавшиеся кислоты!

Насыщенную угольной кислотой воду вы очень часто пьете. В то же время никому в голову не придет пить воду, насыщенную серной, соляной или азотной кислотой.

Дело в том, что стакан газированной воды как раз и представляет собою насыщенный раствор угольной кислоты.

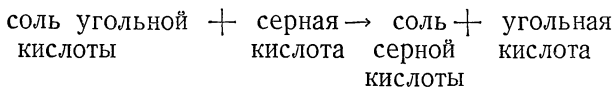
Угольная кислота — очень слабая кислота. Она, правда, обладает слегка кисловатым вкусом и может изменять цвет некоторых растительных соков, но все эти свойства выражены в ней очень слабо.

Кроме того, эта кислота очень неустойчива — ее нельзя перегонять, как уксусную, азотную, или сгущать, как серную. Она мгновенно разлагается на воду и углекислый газ.

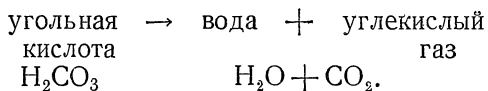
Тем не менее угольная кислота способна давать соли, и соли эти очень широко распространены в природе. Это мел, мрамор, известняк и искусственные про-

дукты — сода, поташ и прочее. Каждая из этих солей имеет очень большое значение, и их легко отличить от солей других кислот.

Для этого достаточно капнуть на кусочек такой соли любой кислотой, например серной или соляной. Начнется бурное вспенивание, появление пузырьков какого-то газа. Этот газ — углекислый. Под действием серной или соляной кислоты угольная кислота ушла из соли:



Но сама угольная кислота «не удержалась» и в свою очередь распалась на воду и углекислый газ:



## Известь

Не напоминает ли описанный выше способ образования угольной кислоты какое-нибудь из уже известных нам превращений веществ?

Вспомним, как добываются различные кислоты. Соляную кислоту получают, обливая поваренную соль серной кислотой, фосфорную — действием той же серной кислоты на фосфорит, азотную — путем смешения серной кислоты с селитрой. Во всех этих случаях одна кислота — серная, — действуя на соль, дает различные кислоты. Серная кислота вытесняет азотную из селитры, фосфорную — из фосфоритов и т. д.

То же самое происходит и при действии серной кислоты на мел: из мела вытесняется угольная кислота.

Значит, мел, мрамор, известняк — это всё соли угольной кислоты. Их можно получить и нейтрализуя угольную кислоту щелочью.

Какая это щелочь?

С одной щелочью — едким натром — мы уже зна-

комы. Познакомимся с другой — гидратом окиси кальция. Ее, эту щелочь, можно получить прямо из известняка. Если известняк сильно нагреть, то из него выделится углекислый газ и останется окись кальция, которая при соединении с водой даст щелочь.

Полученная таким способом окись кальция есть негашеная известь, знакомая всем. Без извести не обходится ни одна стройка. Известь — составная часть раствора, который идет для скрепления кирпичей при кладке стен и для штукатурки.

Познакомимся несколько подробнее с производством этого важнейшего строительного материала.

Для получения извести известняк, или мел, обычно пережигают в больших печах. Истолченный в куски материал накаливают до температуры 1000—1200°. Получается негашеная известь — «кипелка».

Названа она так потому, что под действием воды начинает бурлить, пениться и кипеть. Это и есть процесс гашения извести. После того как кипение кончится, известь превращается в порошок, называемый «пушонкой».

«Пушонка» представляет собой ту щелочь—гидрат окиси кальция, о которой говорилось выше.

Из этой щелочи, действуя на нее электрическим током, можно выделить металл кальций. Он во многом напоминает натрий. Но щелочь, которую дает натрий—едкий натр, — отличается от гидрата окиси кальция.

Гидрат окиси кальция не такая сильная щелочь, как едкий натр. Тем не менее гидратом окиси кальция обрабатывают на кожевенных заводах шкуры, чтобы удалить с них шерсть или щетину.

Из едкой извести и углекислого газа можно снова получить известняк. Для этого нужно растворить в воде немного извести, а затем пропускать через нее углекислый газ. Прозрачный раствор извести очень быстро замутится. Образовавшаяся муть и есть известняк, который образовался в результате соединения углекислого газа с известью.

Интересно, что такая химическая реакция происходит в кирпичной стене, выложенной на известковом растворе. После того как кирпичи уложены, известь, скрепляющая кладку, постепенно высыхая, начинает



поглощать углекислый газ. Образующийся известняк вместе с частичками песка дает крепкую, монолитную массу, скрепляющую кирпичи или камни.

Посмотрите на старинную кирпичную постройку. Возведенная много веков назад на известковом растворе, она стоит незыблемо. Иногда под действием времени выветривается кирпич, с которого слезла штукатурка, но белые швы из окаменевшего известкового раствора остаются прочными.

В наши дни на кирпичной кладке широко применяют цементный раствор, обладающий еще большей прочностью и долговечностью, чем известковый. Но без извести на стройке всё равно не обойтись, — она находит самое разнообразное применение.

## Сода

Если обработать соляной или серной кислотой соду, то из нее также выделится углекислый газ. Значит, сода, как и известняк, представляет собой соль угольной кислоты.

В жизни людей — в промышленности, в быту — сода играет очень важную роль.

Установлено, что люди знали соду еще четыре тысячи лет назад. При раскопках в Египте были найдены образцы стекол, изготовленных за 1800 лет до начала нашей эры. Стекла эти подвергли тщательному химическому анализу и установили, что они содержат соду. Не только египтяне, но и финикийцы, жители древней Эфиопии и Персии умели с помощью соды варить стекло. Стеклоделие было известно с древнейших времен и китайцам.

Сода употреблялась для приготовления знаменитой египетской лазури, для бальзамирования тел умерших.

Откуда же добывали соду древние?

Сода встречается в природе.

В Египте есть содовые озера. Они лежат к западу от Нила, в жаркой песчаной пустыне, в так называемой «натронной» долине. В результате очень сильного испарения воды на дне этих озер отлагался слой «на-

трона», то есть соды, которой египтяне и пользовались.

Сода образуется на некоторых растениях. «На- тронные», содержащие соду, растения произрастают по берегам Средиземного моря и Атлантического океана.

Как люди догадались, что сода, будучи сплавлена с песком, дает стекло? Римский историк Плиний, живший в I веке нашей эры, приводит в своих трудах такую легенду.

Однажды в Средиземном море, у берегов Сирии, потерпел крушение корабль, который вез купцов.

Пассажиры, выброшенные на берег, обосновались в устье реки. Костры для варки пищи купцы разводили из растений, которые удавалось отыскать в этой пустынной местности. И вот однажды люди обнаружили, что зола растений, сплавившись с песком, образовала какое-то прозрачное, хрупкое вещество. Это и было стекло...

Около двух тысяч лет назад соду стали употреблять для мыловарения, которое возникло, предположительно, во втором веке нашей эры.

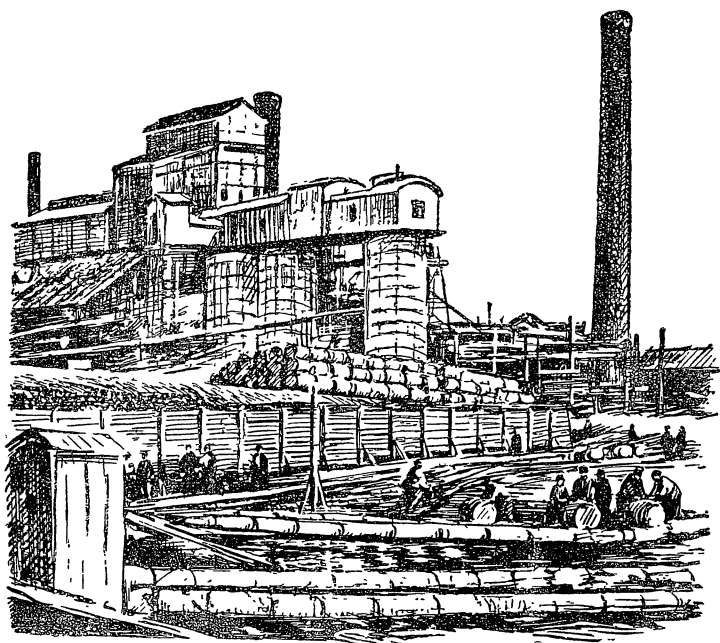
С течением времени сода находила всё более широкое применение. Ею стали пользоваться в текстильном производстве, при стирке, мытье. Но способы добычи соды вплоть до конца XVIII века почти не менялись: в средиземноморских странах выращивали на специальных плантациях растения, дающие соду, и, сжигая их, из золы получали драгоценное сырье для различных отраслей производства. Особенно много добывалось соды таким способом в Испании.

Во Франции соду вырабатывали из золы водорослей.

Однако с развитием промышленности растительной соды стало не хватать. Ученые начали изыскивать способы искусственного ее получения.

В конце XVIII века эту задачу удалось решить французскому химику — Николаю Леблану.

Сырьем для производства соды по методу Николая Леблана служила глауберова соль. Но эта соль встречается в природе довольно редко, и ее приходится добывать, в свою очередь, из поваренной соли, действуя на нее серной кислотой.



Содовый завод.

Глауберу соль сильно нагревают в смеси с углем. Эта реакция и приводит к образованию соды.

Так добывали соду довольно долго. Но этот способ неудобен тем, что требует затраты большого количества дорогостоящей серной кислоты. При этом серная кислота, не входящая в состав соды, используется лишь как вспомогательное средство, переходя потом в отходы.

Во многих странах стали изыскивать более дешевые способы производства соды.

Во второй половине XIX века бельгийский инженер Сольве изобрел способ получения соды без применения серной кислоты,— прямо из поваренной соли.

При этом способе вспомогательным средством служит аммиак; которым насыщают рассол, то есть раствор поваренной соли. После этого через рассол пропу-

скают углекислый газ, полученный обжигом известняка. При этом и образуется сода.

Интересно, что тут и аммиак не пропадает. Он воспанавливается (регенерируется), и может быть снова пущен в производство.

Первый завод для производства соды по способу Сольве был открыт в Брюсселе в 1863 году. Спустя шесть лет такой завод начал действовать в России.

Способом Сольве добывают соду и сейчас.

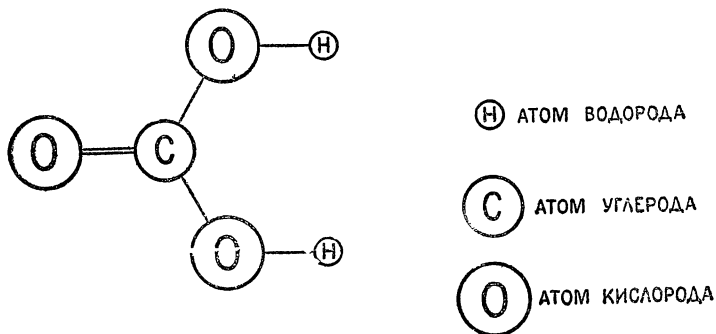
В наше время сода наряду с серной кислотой составляет основу химической промышленности. Но сода играет важную роль не только в химическом производстве. Почти нет такой отрасли хозяйства, где бы не употреблялся этот продукт.

Стекло, синяя краска ультрамарин, едкий натр — всё это получают с помощью соды. Сода уничтожает жесткость воды, предотвращая образование накипи в котлах. Различные моющие составы, употребляемые не только в быту, но и на производстве (промывка шерсти, тканей), приготавливаются на соде.

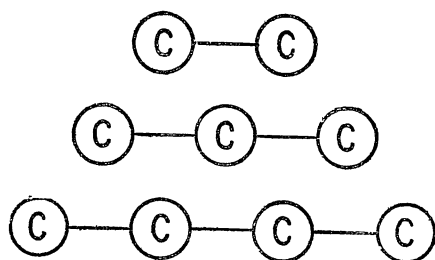
Мы рассказали об угольной кислоте и некоторых ее солях. Перейдем к другим кислотам, содержащим углерод.

### Мир кислот углерода

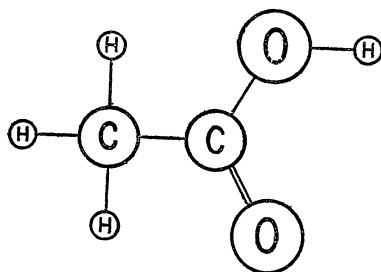
Угольная кислота состоит из углерода, водорода и кислорода. Ее можно представить так:



Но оказывается, что из тех же самых составных частей — углерода, водорода и кислорода — могут образовываться и другие кислоты. При этом происходит одно интересное явление — атомы углерода соединяются в цепочки:



Новые, присоединившиеся атомы углерода могут окружаться атомами кислорода или водорода, и при этом будут образовываться различные кислоты. Вот, например, цепочка из двух атомов:



Это уже известная нам уксусная кислота. Ведь мы хорошо знаем, что она состоит из углерода, водорода и кислорода. Чем же она отличается от угольной? А только тем, что углерода, водорода и кислорода в них разное количество, и в уксусной кислоте имеется уже маленькая цепочка атомов углерода.

Увеличивая цепочку, мы будем переходить ко всё новым и новым кислотам.

Здесь мы встретим и масляную кислоту, которую химики выделили из коровьего масла (цепочку из четы-

рех атомов), и валериановую — выделенную из корней валерианы и имеющую цепочку из пяти атомов углерода. Чем дальше, тем всё длиннее будут цепочки, и мы будем встречать всё новые и новые кислоты. Здесь будут самые различные кислоты, которые можно выделить из животных и растительных продуктов: из масел, растений и т. д.

Особенно интересны кислоты, имеющие цепочку из 16 или 18 атомов. Это пальмитиновая и стеариновая кислоты. Они получают при расщеплении жиров и идут на производство мыла, стеарина.

Количество кислот, содержащих углерод, поистине неисчерпаемо. Ведь цепочки атомов углерода могут быть не только прямыми, — они могут разветвляться, свертываться в кольца и при этом будут получаться всё новые и новые кислоты. Это целый мир, где есть свои, неизведанные уголки.

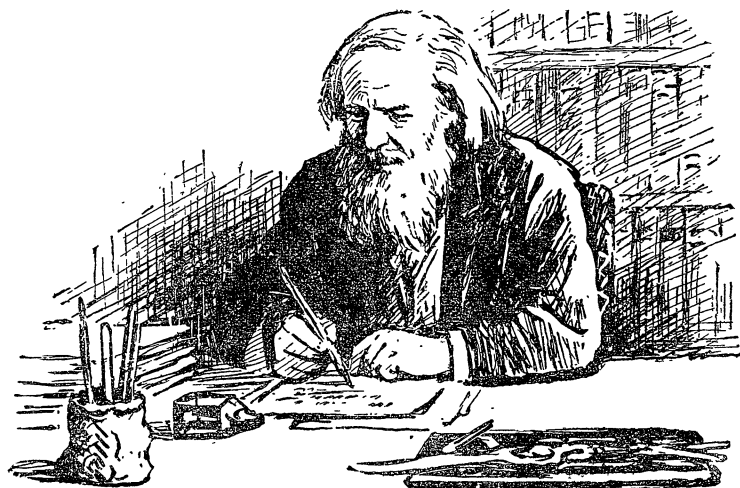
Действительно, к некоторым кислотам химику бывает очень трудно «подобраться». Получить их можно, проделав ряд сложных и кропотливых химических реакций. Другие кислоты, наоборот, — сами даются в руки, — образуются легко и в большом количестве.

Кислотами, содержащими углерод, водород и кислород, являются щавелевая, яблочная, салициловая, аскорбиновая, лимонная. Все эти кислоты мы уже упоминали. Существует и большое количество других кислот, содержащих углерод.

Вещества, о которых рассказано в этой книге, составляют очень малую часть всех химических соединений, известных сейчас науке. Число одних только органических соединений, то есть таких, в состав которых входит углерод, уже превысило три миллиона. Кроме того, насчитывается около ста тысяч неорганических соединений.

Одно только перечисление кислот, щелочей, солей и других веществ потребовало бы объемистой книжки. А для описания свойств всех открытых учеными химических соединений нужно издать много томов.

Как же разобраться в этом исключительном разнообразии веществ?



## Г Л А В А VIII

### ВЕЛИКОЕ ОТКРЫТИЕ

Мы знаем, что все вещества состоят из одной или нескольких составных частей. Эти части можно выделить и изучить отдельно. Постепенно, изучая состав разных веществ, химики поняли, что одни и те же составные части входят в состав разных веществ. Так, водород входит в состав воды, соляной кислоты, спирта, сера — в состав гипса, купоросов, сероводорода и других веществ.

Очень скоро удалось установить, что все разнообразные вещества окружающего нас мира построены из небольшого числа одних и тех же составных частей. Эти составные части всех веществ были названы химическими элементами. Химическими элементами являются кислород, водород, хлор, углерод, сера, азот, фосфор; металлы — железо, медь, золото, серебро и др. Всего сейчас известно около ста химических элементов.

Химические элементы представляют собой тот «материал», из которого построено всё живое и неживое на нашей планете. Из этого же материала построена и вся вселенная. Ученые путем спектрального анализа давно уже обнаружили на других планетах и на солнце многие из элементов, входящих в состав Земли и ее атмосферы.

Ясно, почему понятие о химическом элементе стало важнейшим понятием химии.

После того как ученые уяснили роль химических элементов, изучение химии сильно облегчилось. Вместо тысяч и десятков тысяч разнообразных тел теперь можно было иметь дело всего лишь с несколькими десятками элементов.

Один и тот же элемент входит в состав самых разнообразных веществ. Знание свойств этого элемента дает возможность ученым предсказывать свойства многих веществ, в состав которых он входит, открывать новые способы их получения и использования в промышленности, в быту.

Но и в самих химических элементах, как ни мало их, надо тоже разобраться. И ученые стали задумываться над тем, как привести все элементы в какую-то систему.

Очень скоро стало очевидно, что из всей массы элементов легко выделить металлы. Металлы образуют обычные окислы. Металлы, как мы уже знаем, образуют также соли, замещая водород в кислотах.

Другая группа элементов, неметаллов, резко отличается от предыдущей по своим свойствам. Сюда относятся сера, фосфор, углерод и другие элементы. Они с кислородом дают окислы, из которых образуются кислоты. Разделение на металлы и неметаллы было первой попыткой создать какую-то систему химических элементов.

Но оставалось еще очень много нерешенных вопросов. Насчитывалось много элементов, которые трудно было отнести к какой-либо определенной группе. Одни химики считали их металлами, другие — неметаллами, третьи предлагали вообще образовать новую группу — полуметаллов.



Споры такого рода были часты еще в середине прошлого века. Они ни к чему определенному не приводили, и было ясно только одно: деление элементов на металлы и неметаллы недостаточно.

Надо было найти незыблемую основу, на которой можно построить систему химических элементов. Этой основой явился один из важнейших законов природы — периодический закон, открытый гениальным русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым.

Д. И. Менделеев родился в 1834 году в городе Тобольске. Учился он сначала у себя на родине, а потом переехал в Петербург и поступил в Педагогический институт.

Специальностью своей молодой Менделеев избрал естествознание. Его интересовали все науки, изучающие природу, — физика, химия, астрономия, геология, минералогия, география, ботаника, зоология.

Менделеев проявлял исключительное усердие в учении. Целые дни проводил он за разбором коллекций. Он делал зарисовки животных, совершал длительные экскурсии по окрестностям Петербурга, собирая растения. Гербарий, составленный Менделеевым из растений, собранных в Ораниенбауме, Павловске и других окрестностях столицы, до сих пор хранится в музее среди бумаг великого ученого.

Но всё-таки больше всего любил молодой Менделеев химию. Записи лекций своего учителя химии, А. А. Воскресенского, юный Менделеев вел с особенной тщательностью. Он читал много книг по химии, делая аккуратные выписки из прочитанного в специальные тетради. Много времени проводил Менделеев и в лаборатории.

Еще в те годы Менделеева поразило вот что.

Животных, растений, минералов несравненно больше, чем химических элементов, — рассуждал молодой химик. Тем не менее и животные, и растения, и минералы давно уже классифицированы, — разбиты по классам, отрядам, семействам, родам. Это очень облегчает изучение зоологии, ботаники, минералогии. Любое растение, любое животное, любое насекомое находят свое место рядом с другими, схожими с ними особями. Быть может, классификация животного мира,

растений, минералов и несовершенна, но она существует и ее можно совершенствовать.

А вот для химических элементов никакой системы наука еще не создала. Для химиков каждый элемент существует сам по себе, его связи с другими элементами неясны. А такие связи должны существовать!

Следы этих мучительных раздумий, трудных исканий сохранились и в ранних научных работах и в различных записях молодого химика.

Прошло пятнадцать лет. Менделеев стал крупным ученым. Написанные им труды заняли уже целую полку в его кабинете. Но вопрос, мучивший его в юные годы, не был еще разрешен. Менделеев всё это время не переставал думать, искать.

И вот, наконец, в 1869 году Менделеев, — тогда он уже был профессором Петербургского университета, — решился опубликовать свою периодическую систему химических элементов.

Теперь таблицу Менделеева знает весь мир. Это своеобразная «химическая карта». Изучая эту карту, можно обозреть весь «мир» химических веществ. Таблица помогла и помогает химикам узнать много нового о строении вещества, в том числе о кислотах, щелочах и солях.

Рассмотрим периодическую систему элементов Менделеева подробнее.

Все вещества состоят из атомов. Об этом догадывались еще древнегреческие ученые.

В химию атом ввел М. В. Ломоносов. Он показал, что только с помощью атомов можно объяснить разнообразные превращения веществ. За М. В. Ломоносовым последовали многие. С каждым годом ученые всё больше и больше узнавали об атомах. Английский ученый Дж. Дальтон установил, что каждому химическому элементу соответствует свой вид атомов. Сколько элементов, столько и видов атомов. Углерод, сера, железо, золото — каждому из этих элементов соответствует свой вид атомов.

А друг от друга эти виды атомов отличаются по весу. Водород, например, имеет очень легкие атомы, кислород — более тяжелые, железо — еще более тяжелые. Самые тяжелые атомы имеет элемент уран.

Всё это хорошо знал Менделеев. И он после долгих упорных поисков нашел связь между свойствами атомов и свойствами элементов. Свойства атомов и свойства элементов можно сравнить с двумя огромными скалами. Каждая из этих скал хорошо изучена. Но между ними лежит неизведанная глубочайшая пропасть. Как перейти с одной скалы на другую? Как установить связь между свойствами элементов и свойствами атомов? Для этого нужно построить мост, опирающийся на обе скалы и связывающий оба берега.

Такой «мост» и построил Менделеев. Этим «мостом» явилась периодическая система элементов.

Менделеев расположил элементы в порядке возрастания веса соответствующих им атомов. Это было самым главным. При этом ученый обнаружил, что сами собою образуются ряды (он их назвал: периоды), в которых свойства элементов правильно меняются. Вот один из рядов:

возрастание атомного веса

—————→						
Натрий	Магний	Алюминий	Кремний	Фосфор	Сера	Хлор
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

Натрий — это щелочной металл. Он с водой дает хорошо нам известную щелочь.

Рядом с натрием металлы — магний, алюминий. С другой стороны этого ряда стоят хлор, сера. Это уже неметаллы. Они входят в состав очень сильных кислот — соляной и серной. А рядом с ними, левее, стоят элементы, дающие более слабые кислоты — фосфорную и кремниевую.

Итак, расположив элементы по величине веса их атомов (атомному весу), Менделеев получил ряды, в которых слева стояли металлы, справа — неметаллы. Таких рядов — периодов — он получил несколько. Выписав их один под другим, он получил таблицу, названную его именем.

Горизонтальные строчки — это ряды и периоды. У каждого ряда слева стоят металлы. Ясно, что все

металлы, дающие щелочи, окажутся расположенными один под другим в левой половине таблицы. Здесь кроме известного нам натрия мы встретим менее известные нам металлы, также дающие щелочи: литий, калий, рубидий, цезий.

Правее расположены кальций, барий — неметаллы, дающие менее сильные щелочи.

На правом краю таблицы — все неметаллы, дающие сильные кислоты. Мы видим здесь серу, хлор, азот. Чуть левее — элементы, которые входят в состав менее сильных кислот, — углерод, фосфор.

Так все элементы, в зависимости от свойств образуемых ими соединений, получают свое место в системе. Все сходные между собою элементы стоят близко друг к другу. Далекие по свойствам удалены друг от друга. Не зная свойств какого-нибудь элемента, мы можем предсказать их, взглянув на то место, которое отведено этому элементу в системе.

Вот, например, селен. Мало кто знает, что это за элемент. Но найдите его в таблице, и вы увидите, что он стоит очень близко к сере — почти под ней. Не значит ли это, что он дает кислоту, подобную серной? Да, это так!

Действительно, селеновая кислота во многом подобна серной кислоте. Она также сильно разъедает и обугливает дерево и ткани, растворяет серебро и золото. Так, изучая периодическую систему, мы можем узнать о существовании и особенностях многих кислот, щелочей и солей, о которых и не написано в этой книге.

То, что сказано здесь о периодической системе, далеко не исчерпывает, конечно, значения гениального открытия, сделанного Менделеевым.

Ученые называли периодический закон основой современной химии. Но этот закон сыграл огромную роль и в развитии других наук — физики, геологии, минералогии. И ныне открытие Менделеева продолжает служить мировой науке, как верное оружие, для расширения и углубления наших понятий о мире, о веществах, из которых построена вселенная.

---

## О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>ГЛАВА I. Кислоты, соли и щелочи</b> . . . . .	3
«Гнилой» камень . . . . .	3
Кислота и кислород . . . . .	6
Что служит «кислотвором»? . . . . .	12
Кислота и соль . . . . .	15
Ошибка молодого химика . . . . .	18
<b>ГЛАВА II. О первой кислоте — уксусной</b> . . . . .	25
Вино и уксус . . . . .	25
Глазами химика . . . . .	29
<b>ГЛАВА III. «Мать всех кислот»</b> . . . . .	32
История белого порошка . . . . .	32
Очистительная сера . . . . .	36
Серная кислота образуется в природе . . . . .	44
В заливе «Черная пасть» . . . . .	46
<b>ГЛАВА IV. «Приносящий жизнь»</b> . . . . .	52
Что скрывалось под знаком большого пальца . . . . .	52
«Дух» селитры пойман . . . . .	55
<b>ГЛАВА V. Соляная кислота</b> . . . . .	61
Соль соленая . . . . .	61
Без кислорода . . . . .	66
<b>ГЛАВА VI. «Несущий свет»</b> . . . . .	71
От «философского камня» к простой спичке . . . . .	71
Две фосфорные кислоты . . . . .	73
Зеленый камень — друг урожая . . . . .	76
<b>ГЛАВА VII. Угольная кислота и ее «родственники»</b> . . . . .	79
В химической лаборатории зеленого листа . . . . .	79
Слабейшая кислота . . . . .	83
Известь . . . . .	85
Сода . . . . .	87
Мир кислот углерода . . . . .	90
<b>ГЛАВА VIII. Великое открытие</b> . . . . .	93

**Прочитайте книги, изданные в Детгизе в серии  
«В помощь школьнику»**

**Александрова В.** Лес в степи. Изд. 2-е, испр. 1953. 100 стр.  
Очерк о путях борьбы за сохранение влаги и плодородие почв в степных районах Европейской части РСФСР.

**Курсунская В.** Из жизни растений. 1951. 80 стр.

Книга рассказывает о сезонных изменениях в жизни растений в северных районах страны.

**Курсунская В.** Приключения плодов и семян. 1953. 104 стр.

Очерк о распространении семян различных растений.

**Лебедев В.** Рассказы о Мичурине. 1949. 76 стр.

Эпизоды из жизни И. В. Мичурина, показывающие его искания и пути выращивания растений с новыми, полезными человеку, свойствами.

**Родионенко Г. и Гроденский Гр.** Советские субтропики. 1953. 150 стр.

Рассказ о субтропических растениях в Батумском Ботаническом саду, о распространении и акклиматизации ценных пород южных растений в более северных районах.

**Успенский Г.** Аскания-Нова. 1950. 104 стр.

Рассказ о работах в Государственном заповеднике «Аскания-Нова» по акклиматизации и выведению новых пород высокопродуктивных сельскохозяйственных животных.

**Якубенко А.** Кровь и кровообращение. 1951. 102 стр.

В очерке сообщены основные сведения о кроветворных органах и законах кровообращения.

**Якубенко А.** Что такое аппетит. 1953. 158 стр.

Очерк об открытиях великого русского физиолога И. П. Павлова в области физиологии пищеварения.

**Бабков И.** По солнечному Крыму. 1953. 128 стр.

Географический очерк о Крыме, его природных богатствах, историческом прошлом и о народном хозяйстве.

**Бармин А.** Урал-богатырь. 1948. 95 стр.

Очерк о путешествии по Уралу, знакомящий с природными богатствами и могучей социалистической промышленностью Урала.

**Гор Г.** Алтай. 1951. 92 стр.

Очерк о разнообразных природных богатствах Алтая, о степных хлебородных районах и расцвете народного хозяйства Горного Алтая.

**Гор. Г. и Лешкевич В.** Сахалин. 1949. 74 стр.

Очерк о природе и народном хозяйстве советского Сахалина.

**Дружинин В.** Советская Карелия. 1951. 108 стр.

О природных богатствах, народном хозяйстве и культуре Карело-Финской Союзной Республики.

**Дружинин В.** Советская Эстония. 1952. 92 стр.

Очерк о природных условиях, народном хозяйстве и культуре Советской Эстонии.

**Жемчужников Ю. и Гор Г.** Каменный уголь. 1949. 68 стр.

Краткий очерк о происхождении и добыче каменного угля.

**Жилин С.** Камчатка. 1949. 96 стр.

Читатель найдет в книге сведения об открытии Камчатки, о природных условиях, о животных и растительности.

**Карелин Д.** Антарктика. 1949. 76 стр.

Об открытии антарктического материка русскими мореплавателями Беллинсгаузеном и Лазаревым, об изучении и использовании природных богатств Антарктики.

**Карелин Д.** По Советской Арктике. 1948. 96 стр.

Очерк об изучении и освоении Советской Арктики.

**Наливкин Д. и Петров Л.** Наша нефть. 1952. 100 стр.

О нефтяных богатствах нашей страны, о разведке, добыче и переработке нефти рассказано в этом очерке.

**Ария С.** Великий закон природы. 1953. 110 стр.

Очерк об открытии великим русским химиком Д. И. Менделеевым периодического закона и о мировом значении этого открытия.

**Депман И.** Из истории математики. 1950. 116 стр.

Очерки из истории математических открытий и решений разнообразных задач.

**Депман И.** Меры и метрическая система. 1953. 96 стр.

В книге рассказывается о происхождении мер длины с древнейших времен и история создания международной метрической системы.

**Рахманов Л.** Яблочков. 1952. 84 стр.

Очерк о жизни и работах выдающегося русского изобретателя в области электроосвещения.

**Яновская Ж.** Кулибин. 1951. 112 стр.

Рассказ о жизни и изобретениях замечательного русского механика XVIII века Кулибина.

**Караев Г.** Битва под Москвой. 1951. 124 стр.

Очерк о разгроме немецко-фашистских захватчиков под Москвой в декабре 1941 года.

**Караев Г.** Сталинградская битва. 1949. 98 стр.

Очерк о разгроме фашистских войск под Сталинградом в 1942 году.

**Прилежаева-Барская Б.** В древнем Киеве. 1953. 128 стр.

Повесть о Киевской Руси XI века, о народе, защитнике русской земли от набегов половцев, о культуре и быте древнего русского города Киева.

**Прилежаева-Барская Б.** Как жили наши предки славяне. 1952. 76 стр.

Очерк о жизни, хозяйстве и быте славян в далеком прошлом на территории нашей Родины.



*Для среднего возраста*

Добротин Роман Борисович. «О кислотах и солях»

Ответственный редактор Л. А. Джалалбекова.  
Художник-редактор Ю. Н. Киселев. Технический редактор Н. М. Сусленникова. Корректоры А. К. Петрова и А. П. Нарвойш. Подписано к набору 22/XI 1954 г. Подписано к печати 26/I 1955 г. 84×108 $\frac{1}{32}$ . Физ. п. л. 3 $\frac{1}{4}$ +1  
вклейка. Усл. п. л. 5,54. Уч.-изд. л. 4,8  
Тираж 100 000. А01164. Цена 1 р. 80 к.

Ленинградское отделение Детгиза. Зак. № 1215.  
Набрано в 13-й типографии Главполиграфпрома, Москва, Гарднеровский пер., 1а.

Отпечатано с матриц на Фабрике детской книги Детгиза. Москва, Сушевский вал, 49.  
Заказ № 288.

**ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!**

*Присылайте нам ваши отзывы о прочитанных вами книгах и пожелания об их содержании и оформлении.*

*Укажите свой точный адрес и возраст.*

*Пишите по адресу: Ленинград, наб. Кутузова, 6,  
Дом детской книги Детгиза.*

Цена 1 р. 80 к.