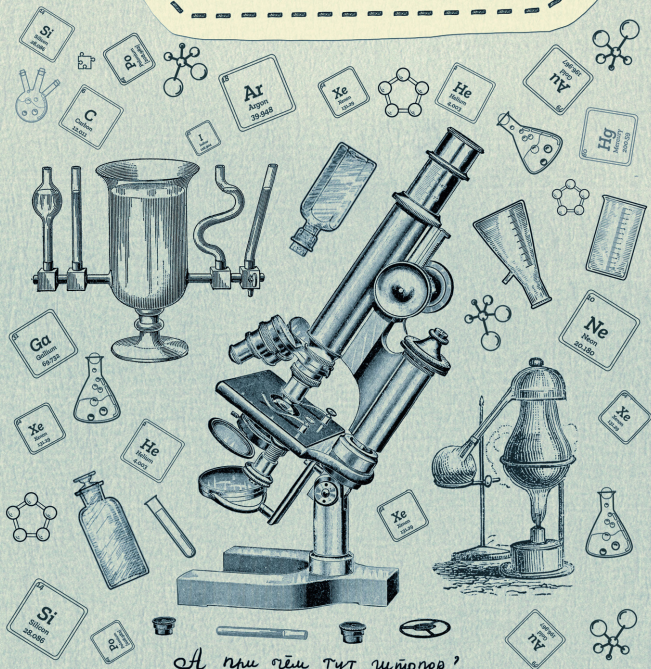


# ЭЛЕМЕНТЫ

ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ СОН  
ПРОФЕССОРА МЕНДЕЛЕЕВА



АРКАДИЙ КУРАМШИН

# Аркадий Искандерович Курамшин Элементы: замечательный сон профессора Менделеева Серия «Научпоп Рунета»

*indd предоставлен правообладателем*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=42553055](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=42553055)*

*Аркадий Курамшин Элементы Замечательный сон профессора  
Менделеева:*

*ISBN 978-5-17-113353-5*

## Аннотация

Какой химический элемент назван в честь гоблинов? Сколько раз был «открыт» технеций? Что такое «трансформированные войны»? Почему когда-то даже ученые мужи путали марганец с магнием и свинец с молибденом? Что будет, если съесть половину микрограмма теллура? Есть ли в наших квартирах и офисах источники радиации? Ответы на эти и другие вопросы можно найти в новой книге Аркадия Курамшина «Элементы: замечательный сон профессора Менделеева». Истории открытия, появления названия, самые интересные свойства и самые неожиданные области применения ста восемнадцати кирпичиков мироздания – от водорода, ключевого элемента нашей Вселенной, до сверхтяжёлых элементов, полученных в количестве нескольких атомов. И тот, кто уже давно знает и любит химию, и тот, кто

ещё только хочет сделать первые шаги в ней, найдут в книге что-то интересное и полезное для себя. *В формате PDF A4 сохранен издательский дизайн.*

# Содержание

0.0. Предисловие	7
1. Водород	12
2. Гелий	20
3. Литий	27
4. Бериллий	33
5. Бор	39
6. Углерод	45
7. Азот	52
8. Кислород	60
Конец ознакомительного фрагмента.	62

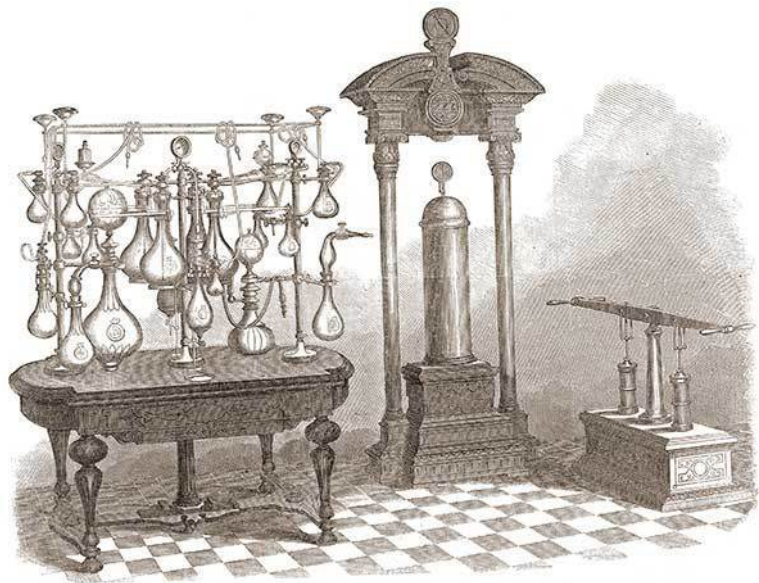
**Аркадий Курамшин**  
**Элементы**  
*Замечательный сон*  
*профессора Менделеева*

Серия «Научпоп Рунета»

© Аркадий Курамшин, текст, 2019

© Издательство АСТ, 2019

\* \* \*



# 0.0. Предисловие

Идея этой книги пришла ко мне в декабре 2017 года, когда я и многие мои коллеги поняли, что в 2019 году шанс вспомнить про Периодический закон, Периодическую систему, Дмитрия Ивановича Менделеева и химию появится у всех жителей планеты Земля.

В декабре 2017 года Организация Объединенных Наций провозгласила 2019 год «Международным годом Периодической системы химических элементов». Как отмечено в Резолюции ООН, такое решение принято: *«...в целях повышения осведомленности мировой общественности о фундаментальных науках и расширения образования в области фундаментальных наук, уделяя особое внимание странам развивающегося мира, для повышения качества повседневной жизни и в том числе для будущих достижений в области научных исследований и разработок...»*.

С предложением сделать 2019 год годом Периодической системы выступало несколько международных и национальных научных организаций, в том числе Международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК), Российская академия наук, Королевское химическое общество Великобритании и Российское химическое общество имени Д. И. Менделеева. Причина такого решения проста – в мар-

те 2019 года исполняется 150 лет со дня, когда на заседании Русского химического общества его председатель – Николай Александрович Меншуткин от имени Дмитрия Ивановича Менделеева прочитал доклад «*Соотношение свойств с атомным весом элементов*», и 18 марта официально считается днем рождения Периодического закона.

Чтобы отметить это событие, мне захотелось рассказать обо всех химических элементах, известных к настоящему времени. Это немного облегчалось тем, что в 2016 году ИЮПАК одобрил названия четырёх элементов, открытых в начале XXI века, и Периодическая система оказалась временно заполненной до конца – последний из известных элементов – элемент № 118, оганесон, замыкает седьмой ряд Периодической системы. Насколько я знаю, на момент написания книги не появлялось даже пилотских сообщений о синтезе элемента № 119 и последующих за ним. Учитывая, что в наше время от открытия элемента до его появления в Периодической системе под утвержденным названием проходит не менее десяти лет, эта книга может стать попыткой описания всех известных науке химических элементов минимум на десятилетие.

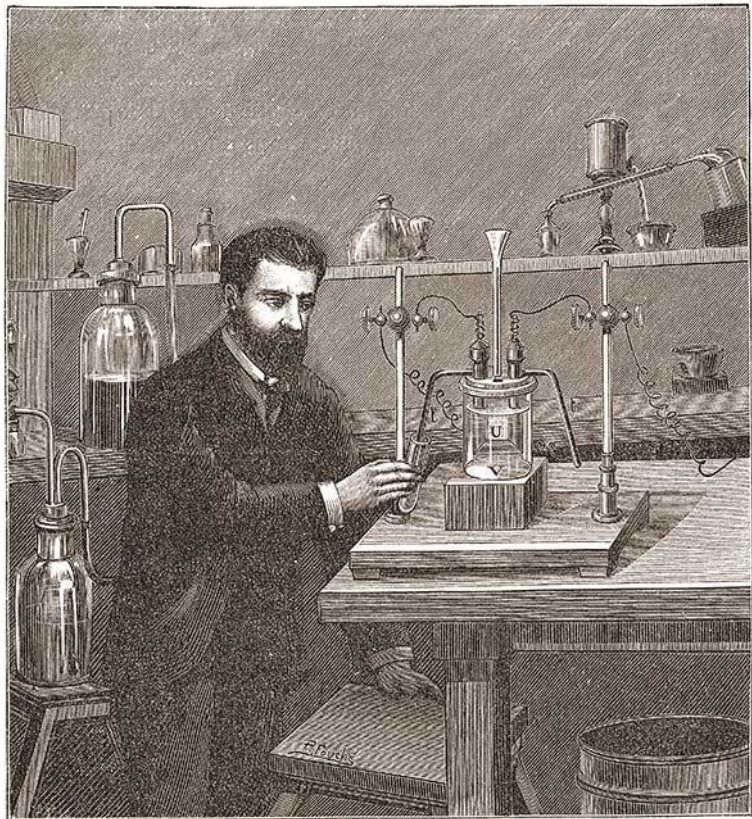
Рассказывая о каждом химическом элементе, я старался приводить о каждом из них как можно больше полезных и интересных фактов. Некоторые из историй, связанных с открытиями и свойствами элементов, появившись они в художественной литературе, могли бы быть раскритикованы чита-



телями, как «притянутые за уши» – слишком нереалистичными кажутся иные повороты сюжета. Я старался не рассказывать об общеизвестных вещах, физико-химических свойствах (уверен, что при необходимости пытливым читателем будет найдена информация о температуре плавления, кипения, минералах, из которых добывают элементы в справочниках или библиотеках), без нужды часто применять специализированные, понятные только специалисту-химику термины, записывать уравнения химических реакций. Всё это сделано сознательно – издатель в своё время говорил Стивену Хокингу: *«Каждая формула в научно-популярной книге сокращает число читателей вдвое»*. Моя цель была – максимально привлечь и заинтересовать читателя, чтобы он захотел продолжить интересоваться химией и далее, а если будет интерес, то и до формул, и до терминов человек дойдёт сам, своими силами. Вместе с тем полагаю, что и те, кто уже давно знают и любят химию, найдут в книге что-то интересное и полезное для себя.

Понятно, что о каждом из известных химических элементов можно написать отдельную книгу, я и сам знаю, что посвящать каждому из них пять-шесть страниц преступно мало. Те, читатели, которые хотят узнать больше всегда могут продолжить свой экскурс в химию, прочитав, например, ту книгу, которой я и сам зачитывался в детстве: «Популярная библиотека химических элементов» В. В. Станцо, М. Б. Черненко. Следует только учитывать, что последнее

издание этой книги датируется 1983 годом, в ней описано всего 107 химических элементов, некоторые из них приведены под устаревшими названиями, и за 35 лет некоторые элементы успели найти новые области применения. Кроме «Популярной библиотеки» об элементах и их веществах можно узнать больше в рубрике журнала «Химия и жизнь» под названием «Факты и фактики», других книгах, энциклопедиях и справочниках, а я буду очень рад, если моя книга поможет читателям по-новому посмотреть на удивительный мир химии и её элементов и полюбить его. Приятного чтения!



# 1. Водород

В классическом анекдоте химиков говорится о том, что жена никогда не понимала Дмитрия Ивановича Менделеева и часто выговаривала ему за то, что он, дескать, ставил на первое место не семью, а водород. С точки зрения истории химии и Периодического закона, анекдот, увы, неверен – в составленной Менделеевым таблице до водорода стояли короний и ньютоний – формы светозарного эфира, в существование которого верил Дмитрий Иванович. Тем не менее, самый простой и самый элегантный химический элемент, в состав которого входит всего один протон и один электрон в полной мере стоит на первом месте.

Водород занимает первое место в Периодической системе, водород – первый химический элемент, который появился во Вселенной, водород стал «сырьём», необходимым для появления всех остальных элементов. Несмотря на то, что появление водорода можно отсчитывать почти с начала времён нашего мира – согласно модели Большого горячего взрыва первые атомы водорода появились в нашей Вселенной через 380 000 лет после начала её расширения, и за миллиарды лет огромное количество звезд превращали водород в гелий, водород до сих пор составляет 75 % от всего наблюдаемого вещества космоса.

Ещё одно отличие водорода от всех остальных элементов в том, что только его изотопам даны уникальные названия. Простейший атом водорода, состоящий из протона и электрона называют протием, нуклид, ядро которого состоит из протона и нейтрона (с ядром все также связан один электрон) называют дейтерием (др. – греч. δεύτερος «второй») или тяжелым водородом, атом, в ядре которого два нейтрона и протон – тритием (др. – греч. τρίτος «третий») или сверхтяжёлым водородом. Никакой другой «квартирант» Периодической системы не заслужил, чтобы его изотопы получили свои собственные имена.

*Маленькое терминологическое отступление, которое необходимо здесь и далее для понимания. Как человек, придерживающийся строгих правил в терминологии, поясняю. **Нуклид** – вид атомов с определённым массовым числом и определённым атомным номером, часто вместо этого термина в научно-популярной и даже научной литературе можно встретить термин «**изотоп**», но это неправильно – мы можем говорить «**изотопы элемента**» «**радиоактивные изотопы**», термин «**изотоп**» не предполагает применения в единственном числе, только во множественном, поэтому здесь и далее, если нужно сказать о каком-то конкретном типе атомов, будет применяться правильный термин «нуклид».*

Водород чрезвычайно важен для вселенной, жизни и всего такого прочего. Без водорода не сформировалось бы дающее

нам свет и тепло Солнце. Водород входит в состав тех органических соединений, которые мы считаем строительными блоками жизни, и, что не менее важно, без водорода не было бы того вещества, которое столь важно для существования жизни – воды. Можно сказать, что пользоваться жидкой водой мы можем тоже благодаря «сверхспособностям» водорода, точнее его способности участвовать в образовании водородных связей. Водородные связи – прочные межмолекулярные взаимодействия, которые возникают между молекулами, в которых водород связан с кислородом, азотом или фтором и являются причиной многих особых свойств веществ, молекулы которых притягиваются друг ко другу за счет этих связей. Если бы не существовало водородных связей, температура кипения воды составляла бы  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и на Земле просто не могло бы существовать жидкой воды.

Невольным первооткрывателем водорода можно считать Парацельса – швейцарского алхимика шестнадцатого века, также известного как Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенхайм. Парацельс заметил, что растворении большинства металлов в кислотах выделяются пузырьки воспламеняемого «воздуха», причем чаще всего свойства этих пузырьков не зависели ни от природы металла, ни от взятой для его растворения кислоты. Чуть позже, независимо от Парацельса выделение горючих пузырьков наблюдал английский химик Роберт Бойль, вполне возможно, что это могли наблюдать и другие алхимики.

Тем не менее, официальным первооткрывателем водорода, человеком, который предположил, что водород является индивидуальным веществом, был Генри Кавендиш. С 1760 по 1780 год Кавендиш выделил водород, назвал его «негорючим воздухом» и обнаружил, что при горении в «дефлогистированном воздухе» (сейчас мы называем его кислородом) образуется вода. Современное название – водород – «рождающий воду» было предложено Антуаном Лораном Лавуазье.

Высокая горючесть молекулярного водорода и то, что это самый легкий из газов, не дает возможности водороду накапливаться в атмосфере Земли в виде простого вещества – сейчас он, если и появляется в атмосфере, то тут же окисляется кислородом воздуха. Ранее, когда атмосфера Земли еще не была окисляющей, до «большого кислородного события», в ходе которого кислород появился в земной атмосфере и стал вторым газом по содержанию, в четырнадцать раз более легкий чем азот и в двадцать два раза более легкий чем углекислый газ, водород просто поднимался в верхние слои атмосферы и улетучивался в космическое пространство (сейчас по такой же схеме наша атмосфера теряет гелий, образующийся в земной коре во время процессов распада радиоактивных элементов). Небольшая плотность молекулярного водорода привела к тому, что прежде всего он начал применяться в воздухоплавании. Первый заполненный водородом воздушный шар был построен в 1783 году французским ученым Жаком Александром Сезаром Шарлем, вскоре

после первого полета братьев Монгольфьер. Шарль справедливо рассудил, что замена горячего воздуха на более легкий газ увеличит подъёмную силу шара и создал свое «воздухоплавательное судно» – заполнил водородом оболочку шара из шёлка, для увеличения герметичности пропитанного природным каучуком (с тех пор воздушный шар, наполняемый водородом или другим газом легче воздуха, стали называть «шарльер»).

Казалось, благодаря водороду, воздухоплавание и летательные аппараты легче воздуха ждет большое будущее. Особые надежды на такие аппараты стали возлагаться с заменой мягких оболочек воздушных шаров на оболочки, усиленные внутренними каркасами. Изобретателем и энтузиастом создания воздухоплавательного парка из таких машин был немецкий граф Фердинанд фон Цеппелин, в честь которого такие воздушные суда стали называть цеппелинами (нам они известны как дирижабли). Золотой век дирижаблей пришелся на 1920–1930-е годы, когда они использовались и для перевозки грузов, и людей, в том числе и через Атлантический океан. Тем не менее, водород, обеспечил не только расцвету эры управляемых шарльеров, но и их закату – главной проблемой водорода является его реакционная способность и высокая горючесть. Из-за того, что наполнявший оболочки воздушных шаров водород загорался, часто случались аварии, а после 6 мая 1937 года, когда возгорание цеппелина «Гинденбург», унесшее жизни 36 человек, было



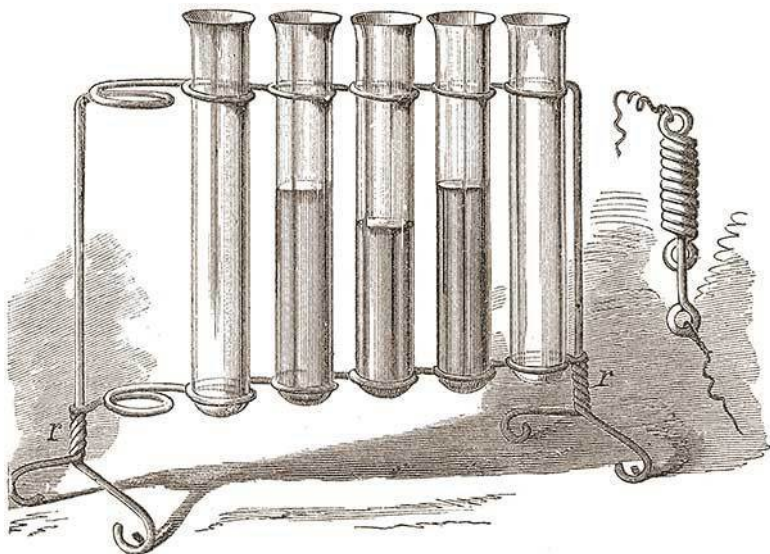
заснято на киноплёнку (справедливости ради, были аварии дирижаблей и с большим количеством жертв, но они не попадали в кинохронику), люди всерьёз задумались о безопасности перемещения по воздуху на шаре, наполненном водородом. К счастью, дальнейший прогресс авиации позволил безболезненно прекратить использование дирижаблей. Тем не менее, водород и сейчас не теряет своего значения для средств передвижения. Правда, в наши дни водород привлекает инженеров уже не из-за небольшой плотности, а из-за того, что он сгорает с выделением большого количества энергии. В двигателях многих ракет НАСА топливом является сжиженный водород, который сгорает в чистом кислороде.

Ещё одна тенденция нашего времени – попытка рассматривать водород как альтернативу другим видам топлива, в первую очередь – получаемым с помощью переработки нефти. Конечно, с точки зрения экологии водород выглядит более привлекательным, чем бензин или дизельное топливо – хотя бы потому, что он сгорает только с образованием воды, не давая парниковых газов. Однако, с точки зрения инженера или логиста, переход на водородное топливо не так просто. Наиболее вероятный способ использовать водород – не сжигать его (это может привести к взрыву), а применять как топливо для электрохимической реакции, выделяющийся в результате которой электрический ток и будет приводить в действие двигатель автомобиля. Несмотря на то, что уже со-

общается о создании работающих прототипов водородных автомобилей, есть сомнения в том, что в будущем их производство станет массовым. Во-первых, для обеспечения работы таких машин потребуется сеть «водородных заправок», а со времен аварии Гинденбурга водород ни стал не менее взрывчатым, ни менее огнеопасным. Еще одна проблема в том, что из литра бензина можно получить в три раза больше полезной энергии, чем из литра сжиженного водорода, и, очевидно, понятно, что для сжижения легкого газообразного водорода энергию нужно потратить. Нельзя не упомянуть и то, что в настоящее время у нас нет и достаточно эффективных способов получения водорода – его получают либо из углеводов (попутно при этом образуются парниковые газы), либо электролизом воды, а электричество для процесса тоже может быть получено с помощью «грязных технологий».

Но, даже если в будущем нас не ждёт эра водородных автомобилей, водород может стать топливом для более энергоёмкого процесса – управляемого термоядерного синтеза. Скорее всего, разработки промышленных термоядерных реакторов для получения электроэнергии придётся ждать еще десятилетия, но термоядерные процессы – процесс слияния атомов водорода в гелий, точно такие же, которые протекают в звезде по имени Солнце и в других звездах, с именами и без, позволит добиться получения наиболее чистой и безотходной электроэнергии. И, какое бы применение мы уже не

нашли водороду, и, какое применение мы еще найдем для него, он навсегда останется элементом № 1, тем элементом, с которого начинается и Периодическая система, и началась Вселенная.



## 2. Гелий

С гелием, по крайней мере с шариками, наполненными гелием, знакомы практически все. Правда всякий раз, когда я вижу, как на мероприятиях или праздниках пускают в небо шары, надутые гелием, я чувствую себя слегка опечаленным. Это происходит не из-за того, что я не люблю веселиться (веселиться я даже очень люблю) и даже не из-за того, что меня волнует судьба оболочки шара. Когда-нибудь гелий «сдуется», оболочка упадёт и пополнит и без того немалое количество полимерного мусора, накапливающегося в окружающей среде (хотя, людям, запускающим шары в небеса, стоило бы задумываться и об этом).

Когда я вижу летящие шары, надутые гелием, меня, как химика, заботит то, что с ними мы практически навсегда теряем ценный ресурс – гелий. Вероятно, корни чувств, которые я испытываю при этом лежат в прошлом – в 1992–1995 году в аспирантуре я с помощью газожидкостной хроматографии изучал кинетику реакций, газом-носителем для хроматографа был гелий. Когда баллоны с гелием заканчивались, работа прекращалась на длительный срок до появления средств на новую порцию гелия – с тех пор я привык бережно относиться к этому инертному газу.

Гелий второй по распространенности элемент во Вселенной, но здесь, на Земле он редкий гость. Многие предполагают, что гелий получают переработкой воздуха, но на самом деле этот инертный газ добывают из пробуренных в земле скважин. Гелий в следовых количествах входит в состав природного газа, в некоторых месторождениях его больше, в некоторых меньше, но в любом случае гелий добывают из природного газа с помощью низкотемпературной фракционной перегонки (разделения при низкой температуре). Возникает вопрос – как же гелий мог оказаться под землей и смешаться с природным газом. Ответ в том, что в отличие практически от всех остальных химических элементов Периодической системы, которые мы можем найти в земной коре, гелий на Земле появился много позже образования нашей планеты.

Гелий образуется в ходе естественного радиоактивного распада таких элементов, как уран и торий. Эти тяжёлые элементы образовались до формирования земной коры, их ядра не стабильны, и очень медленно распадаются. Оба изотопа урана – уран-235 и уран-238 подвергаются  $\alpha$ -распаду – при самопроизвольном разрушении их ядер выделяется  $\alpha$ -частица, которая представляет ничто иное, как ядро атома гелия. Сам атом гелия рождается после того, как ядро захватывает электроны.

Распад изотопов урана протекает исключительно медленно, период полураспада (время, за которое распадается по-

ловина радиоактивных атомов) для урана-238 составляет 4,4 миллиарда лет, а для урана-235 – 0,7 миллиардов лет. Геологический возраст Земли составляет 4,54 миллиарда лет, и можно сказать, что гелий непрерывно образуется в земной коре с момента образования нашей планеты. Большая часть гелия просачивается через поры земной коры в атмосферу, медленно покидая ее, но, к счастью, часть гелия в подземных резервуарах смешивается с природным газом и может быть выделена из него.

В космосе все совсем иначе. Солнце состоит на 73,5 % из водорода, 24,9 % из гелия, оставшаяся масса приходится на более тяжёлые элементы. Солнце, как и другие звезды, представляют собой естественные термоядерные реакторы, в которых при высоких температурах протоны, представляющие собой ядра водорода, сливаются с образованием гелия. В результате слияния более легких ядер и образования более тяжелых элементов выделяется огромное количество энергии, и этот способ ее получения, как упоминалось в предыдущей главе, хотят воспроизвести на Земле.

Раз уж гелий составляет почти четверть от массы Солнца, неудивительно, что его удалось обнаружить на Солнце полтора века назад. Скорее, более удивительно то, что на Земле его смогли найти только через четверть века после того, как его нашли в космосе.

С конца восемнадцатого века, с появлением такого сильного окислителя, как хлорат калия (бертолетова соль) стало

понятно, что некоторые химические элементы могут окрашивать пламя в определенные цвета. Это открытие позволило создать и пиротехнические составы, в которых, например, зеленый цвет создается солями бария или бора, а красный – лития или стронция. Помимо создания индустрии красочных фейерверков окраска элементами пламени позволила научиться идентифицировать элементы по цвету, в который они окрашивают пламя, позже – в результате совместной работы Бунзена и Кирхгофа появился прибор под названием спектроскоп, в котором цвет, создаваемый элементом в пламени, с помощью призмы (сейчас – с помощью дифракционной решетки) расщеплялся на спектр – совокупность тонких и чётких окрашенных линий. Набор таких линий оказался строго индивидуальным для каждого элемента, как отпечатки пальцев индивидуальны для человека. С той поры идентификацию известных и открытие новых элементов стали проводить уже не просто по цвету, а по набору его спектральных линий (с помощью спектроскопа Бунзен и Кирхгоф смогли открыть такие элементы, как рубидий и цезий).

В какой-то момент ученые решили, что спектроскоп может пригодиться не только на Земле и попробовали использовать этот прибор для изучения химического состава Солнца. Такой подход позволил обнаружить на Солнце натрий, магний, кальций и железо. В 1868 году независимо друг от друга француз Пьер Жансен англичанин Норман Локьер, независимо друг от друга обнаружили в солнечном спектре

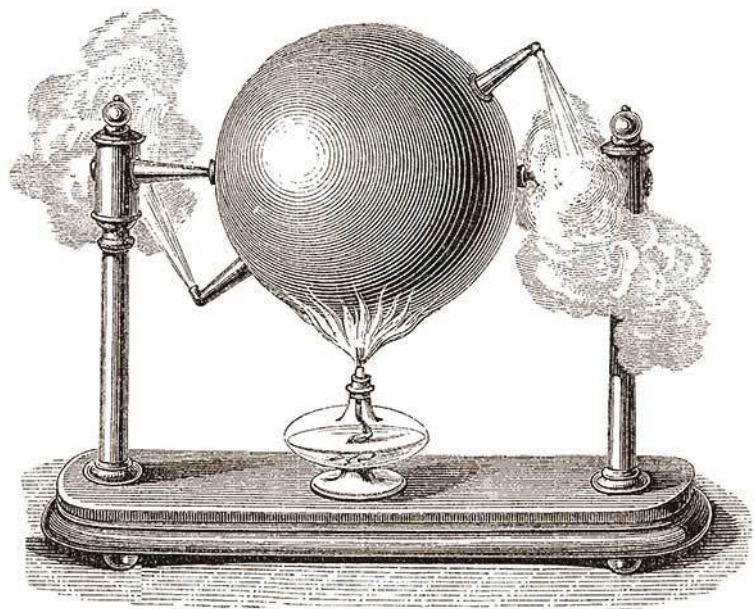
чёткие линии, которые не соответствовали ни одному из известных в то время металлов (в том, что это был именно металл, ни у Жансена, ни у Локьера сомнений не было). Локьер предложил для этого «металла» название «гелий» в честь древнегреческого бога Солнца – Гелиоса. В течение двух десятков лет гелий так и не был обнаружен на Земле, и Локьер стал становиться мишенью для насмешек. Однако в 1895 году Уильям Рамзай обнаружил гелий в газе, полученном при обработке кислотой урансодержащего минерала клевеита. В спектре газа была обнаружена та же ярко-жёлтая линия, которую Жансен и Локьер наблюдали в солнечном спектре. Образец был направлен для дополнительного исследования английскому учёному-спектроскописту Уильяму Круксу, который подтвердил, что наблюдаемая в спектре образца жёлтая линия совпадает с линией D<sub>3</sub> гелия, обнаруженного на Солнце. Гелий, образующийся при радиоактивном распаде, поглощался горной породой, и при растворении породы в кислоте высвобождался. Итак, элемент, окрещённый Локьером, был обнаружен на Земле, но оказался не металлом, а крайне инертным газом. И в наши дни, когда элементов в Периодической системе больше, чем во времена Локьера и Рамзая, гелий остается единственным инертным газом, чьё латинское название оканчивается суффиксом «-ium», применяющимся обычно в названиях элементов-металлов.

Уникальные химические свойства – малая плотность и



химическая инертность, позволяет применять гелий не только для заполнения шаров для развлечения и метеорологических зондов. Так, смесь гелия с кислородом может применяться для лечения новорожденных с проблемами дыхания или в качестве дыхательной смеси для аквалангистов, опускающихся на значительную глубину, подъем с которой при дыхании воздухом может привести к вскипанию пузырьков азота в крови – кессонной болезни. У гелия самая низкая температура кипения из всех веществ, она составляет  $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это свойство обуславливает применение гелия в системе охлаждения магнитов ядерных магнитных спектрометров и аппаратов МРТ в больницах.

Чаще всего там, где гелий применяется, его улавливают и используют повторно. Если такого не происходит, он попадает в атмосферу, но не накапливается в ней. Гелий настолько лёгок, что он не удерживается полем тяготения Земли, и, попадая, в верхние слои атмосферы, покидает нашу планету навсегда – это и есть судьба гелия, которым заполняют летающие шары, его наша планета теряет навсегда. Не исключено, что через сотню лет наши потомки будут отказываться верить в то, что мы добровольно потеряли столько гелия просто ради развлечения.



### 3. Литий

Несмотря на то, что литий, наряду с водородом и гелием, входит в число элементов, образовавшихся вне звезд, в начале Большого горячего взрыва, его во Вселенной мало.

В земной коре этот элемент был обнаружен в 1817 году шведским учёным Йоханом Августом Арфведсоном при изучении минерала петалита  $((\text{Li}, \text{Na})[\text{Si}_4\text{AlO}_{10}])$ , который при контакте с огнём давал яркое малиново-красное пламя. Арфведсон и работавший с ним Йохан Берцелиус пришли к выводу, что в петалите содержится неизвестный металл, который Берцелиус назвал литием от греческого слова, обозначающего «камень» – это название должно было отразить, что литий был обнаружен в твердом минерале, в отличие от калия, про который было известно, что он содержится в золе или крови животных. Шведские химики предположили, что литий представляет собой новый щелочной металл, более лёгкий, чем натрий, но выделить его из солей не смогли. Небольшой образец металлического лития в 1821 году получил Уильям Томас Бранде, проведя электролиз оксида лития (аналогичный метод в 1818 году Хэмфри Дэви использовал для получения металлического натрия), и, наконец, в 1855 году Бунзен, действуя электрическим током на

расплавленный хлорид лития, смог выделить такое количество этого щелочного металла, которого хватило для изучения его физических и химических свойств. В настоящее время в мире ежегодно производится 40 000 тонн соединений лития и 7500 тонн металлического лития, который производит по методу, предложенному Робертом Бунзеном – ведут электролиз нагретого до 450 °С расплава хлорида лития в стальных электролизерах.

В 1940-х годах была обнаружена умеренная токсичность лития – состояние пациентов, которых пытались вылечить от сердечно-сосудистых заболеваний, заменяя в рационе поваренную соль на хлорид лития, ухудшалось, а не улучшалось. Тем не менее, небольшие дозы соединений лития прописывают для лечения биполярного расстройства (раньше это заболевание называли маниакальной депрессии). То, что соединения лития действуют на мозг как успокоительные, было обнаружено в 1949 году австралийским врачом-психиатром Джоном Кейдом. Кейд внутривенно вводил морским свинкам 0.5 % раствор карбоната лития, и, к его удивлению, эти, обычно резвые животные становились вялыми, иногда успокаиваясь настолько, что просто могли по несколько часов сидеть, не меняя положения. Кейд ввёл аналогичный раствор своему пациенту, симптомы заболевания которого проявлялись исключительно в острой форме. Состояние пациента улучшилось так, что через пару дней его уже можно было перевести из палаты для особо буйных в общую, а че-

рез пару недель больной выписался из больницы и вернулся на работу. К аналогичным результатам привели и литиевые инъекции у других пациентов. Это был прорыв в психиатрии – до этого маниакальную депрессию в особо острой форме лечили либо электрошоком, либо лоботомией. В настоящее время карбонат лития применяется для купирования приступов биполярного расстройства во всем мире, хотя и до сих пор непонятен механизм терапевтического эффекта. Предполагается, что литий тормозит образование сигнальных молекул в ткани мозга, приступы же начинаются именно при избытке таких молекул.

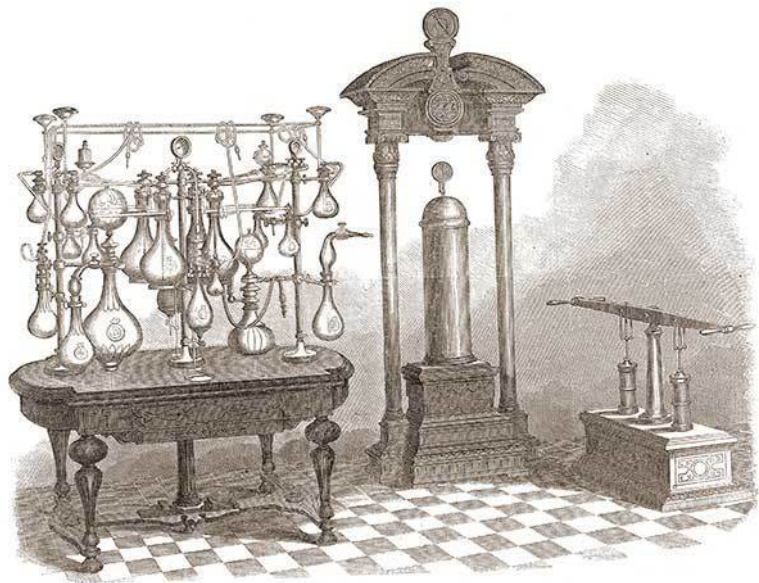
Применение лития не ограничивается психиатрией. Оксид лития применяется при изготовлении стекол и керамики. Небольшое количество металлического лития, которое добавляют в сплавы увеличивает их прочность и уменьшает плотность. Литий-магниевого сплава используют для изготовления защитных покрытий, а алюминий-литиевый позволяет делать более лёгкие самолеты, тем самым экономя топливо. Стеарат лития, который получают с помощью реакции гидроксида лития со стеариновой кислотой представляет собой отличную смазку и входит в состав многих смазочных материалов. Это соединение может работать как смазка даже при температурах ниже  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  и применяется для машин, работающих в Антарктике. Самой, пожалуй, известной областью применения лития сейчас являются литий-ионные источники питания, которые используются везде, где нужна

компактность и лёгкость. Первоначально литиевые источники питания применяли в медицине – срок службы литиевых батареек, приводивших в действие кардиостимуляторы, при создаваемом ими напряжении в 3 вольт и более составляет 10 и более лет. Более привычные нам источники питания с выходным напряжением в 1.5 вольт, как правило, перезаряжаемые и используются для питания многочисленных смартфонов, плееров, планшетов, пульсметров и шагомеров.

Металлический литий представляет собой мягкий серебристо-белый металл, первый среди металлов в Периодической системе и первый щелочной металл. Как и все щелочные металлы он активно реагирует с водой, и хранить его не так просто. Если другие щелочные металлы защищают от кислорода воздуха и влаги воды, храня под слоем керосина, для лития этот вариант не подходит – плотность лития мала, и в керосине он не тонет. Чтобы литий не реагировал с окружающей средой приходится вплавлять его в кусок парафина. В отличие от других щелочных металлов литий не реагирует с кислородом при низких температурах, чтобы пошла реакция, нужно нагреть этот щелочной металл хотя бы до 100 °С. Зато, опять же в отличие от других щелочных металлов, при гораздо меньшем нагревании литий реагирует с другим компонентом атмосферы – азотом, образуя красно-коричневый нитрид лития,  $\text{Li}_3\text{N}$ .

И ещё одно применение лития, возможно не самое приятное, хотя тоже связано с энергетикой – термоядерный бо-

ебрипас или водородная бомба. «Взрывчатым веществом» водородной бомбы является гидрид лития ( $\text{LiH}$ ), в котором с изотопом литий-6 связан тяжелый водород (дейтерий). Схема действия этого оружия такова – «запалом» водородной бомбы является атомная бомба. Взрыв атомной бомбы высвобождает нейтроны, которые, поглощаясь ядром лития-6, вызывают его разрушение с образованием гелия и сверхтяжелого водорода (трития), который затем вступает во вторичные реакции изменения состава атомного ядра. Термоядерные боеприпасы не только в состоянии обеспечить большую, чем у обычных атомных бомб, общую мощность взрыва, но и отличаются значительно большим количеством радиоактивных осадков, так что, надеюсь, в этой области литий никогда не будет применяться на практике.





## 4. Бериллий

Бериллий – первый элемент Периодической системы, который не образовался во время Большого взрыва, а появился позже – после появления первых звезд. Именно после – бериллий образовался не в термоядерных топках звёзд, подобных нашему Солнцу.

Бериллий, как и многие другие элементы образуется во время разрушения звёзд – тогда, когда энергия вспышки сверхновой разрывает ядра тяжелых атомов на более легкие. То, что бериллий образуется не во время активной работы звезд, а при их разрушении, объясняет сравнительно малую распространённость этого элемента и в космосе, и в земной коре.

Одной из форм существования бериллия в земной коре являются минералы берилл и изумруд, оба эти минерала известны еще с античности. По легенде, император Рима Нерон смотрел на гладиаторские поединки через большой берилл, который природа отшлифовала так, что его можно было использовать в качестве подзорной трубы. Зелёную окраску бериллу и изумруду придают следовые количества хрома. Анализ изотопного состава кислорода в содержащих бериллий драгоценных камнях позволяет определить источник камня – это возможно, так как соотношение изотопов кислород-16 и кислород-18 на разных участках земной коры

различается, и современные методы анализа позволяют обнаружить это различие. Изотопный анализ камней драгоценных камней показал, что происхождение изумрудов Римской империи – Альпы, точнее их район, ныне расположенный на территории Австрии, хотя некоторые из камней прибыли в Рим из более дальних мест – оттуда, где сейчас расположен Пакистан. Гораздо более интересно то, что некоторые изумруды, принадлежавшие правителям Империи Великих Моголов, судя по изотопному анализу – южноамериканские, их залежи могли располагаться на территории современной Колумбии. Косвенно это является свидетельством того, что государство, существовавшее на территории современных Индии, Пакистана, Бангладеш и юго-восточного Афганистана могло отправлять экспедиции в Южную Америку через Тихий Океан, хотя подтверждающих это исторических источников нет. К основным минералам бериллия относятся алюмосиликаты берилл и берtrandит. Бывает, что берtrandит образует кристаллы огромного размера. Рекордный образец берtrandита был найден в американском штате Мэн – длина кристалла составляла 5 метров, а весил он 20 тонн.

Предположение о том, что берилл и изумруд содержат новый химический элемент, появилось в восемнадцатом веке. Драгоценные камни проанализировал Луи Никола Воклен и 15 февраля 1798 объявил, что обнаружил новый элемент, хотя и не смог выделить его из оксида. Металлический бериллий был получен только в 1828 году в результате реакции

хлорида бериллия ( $\text{BeCl}_2$ ) с калием. Сам Воклен предложил дать новому элементу название «глюциний», бериллием элемент назвал немецкий химик Клапрот.

Бериллий сыграл важную историческую роль в изучении строения атома – этот элемент помог обнаружить такую элементарную частицу, как нейтрон. Открытие произошло в 1932 году. Джеймс Чедвик бомбардировал образец бериллия  $\alpha$ -лучами (поток ядер атомов гелия), которые испускались претерпевающими радиоактивный распад атомами радия. Чедвик обнаружил, что бериллиевая мишень испускает новый тип элементарных частиц, масса которых была практически одинаковой с массой протона, но не имевших электрического заряда. Комбинацию радия и бериллия до сих пор применяют для получения нейтронов в исследовательских целях, хотя эффективность этого способа невелика – миллион  $\alpha$ -частиц позволяют получить всего лишь 30 нейтронов.

Бериллий – серебристо-белый, блестящий металл. Он довольно мягок и отличается небольшой плотностью. Бериллий довольно инертен – он не взаимодействует с водой даже при очень высоких температурах. Сплавы меди и никеля с бериллием не только характеризуются большей электро- и теплопроводностью, чем чистые медь и никель, но также приобретают исключительно высокую эластичность. Именно благодаря эластичности такие сплавы применяются для изготовления пружин, сплав меди с бериллием также приме-

няют для изготовления искробезопасных инструментов, которыми и только которыми можно работать в опасных производственных помещениях, например, нефтехранилищах.

Низкая плотность бериллия и его высокая прочность позволяли предполагать, что этот металл станет основным материалом для аэрокосмической техники и заменит алюминий, но этому предположению так и не удалось воплотиться в жизнь. Благодаря высокой теплоотдаче при горении бериллия его порошок когда-то использовали как твёрдое ракетное топливо, но и в этой области он сейчас не используется. Причина тому, что бериллий не стал продуктом крупнотоннажного металлургического производства стала его высокая токсичность – из-за сейчас в мире ежегодно получают не более 500 тонн металлического бериллия.

Бериллиевая пыль вызывает хроническое воспаление лёгких и проблемы с дыханием. Кратковременный контакт с большим количеством бериллия или долгосрочное вдыхание малых количеств бериллиевой пыли вызывает бериллиоз лёгких. От отравления бериллием до проявления симптомов бериллиоза может пройти до пяти лет, и эта болезнь чаще всего приводит к преждевременной смерти или инвалидности. В основной группе риска находятся работники предприятий, на которых изготавливают металлический бериллий и бериллиевые сплавы. Впервые токсичность бериллия установили в 1940-х годах ухудшения состояния рабочих на производстве флуоресцентных ламп первого поколе-

ния, в люминофорный слой которых входил оксид бериллия. В 1950-е годы производство таких ламп было запрещено.

Бериллий помогает делать выводы и о геофизическом прошлом нашей планеты. В земной коре бериллий представлен только одним стабильным изотопом – бериллием-9, изотоп бериллий-10, попадающий в верхние слои атмосферы с космическими лучами, радиоактивен, период его полураспада составляет 1.5 миллиона лет. Этот радиоактивный изотоп бериллия был обнаружен в ледниках Гренландии и морских донных отложениях. Содержание бериллия-10, накопившегося там за последние 200 лет, возрастает и понижается параллельно увеличению и уменьшению солнечной активности. Содержание же этого изотопа в морских донных отложениях, сформировавшихся во время последнего ледникового периода, на 25 % выше, чем в отложениях более поздних периодов. Эти наблюдения позволяют говорить о том, что магнитное поле Земли во времена ледникового периода было слабее, чем сейчас.



## 5. Бор

В наши антропоцентричные времена появилась тенденция на гуманизацию животных, растений и даже неодушевлённых предметов. Художники, проявляя различную степень мастерства, гуманизируют даже химические элементы, изображая их в виде людей, принадлежащих разным профессиям и обладающих различными чертами характера. Некоторые из элементов – те, которые больше на слуху, легко представить в виде людей. Так, золото можно изобразить блестящим финансистом-миллионером, не стремящимся к образованию прочных отношений.

Гелий мог бы выглядеть юношей с шевелюрой цвета Солнца, гербом благородного дома и высоким голосом. А что же с бором? Я бы приготовил для этого элемента два изображения. Большую часть времени бор ведет себя как рядовой менеджер среднего звена и средних лет, одетый в коричневые брюки и твидовый пиджак, но приходит время, он раскрывается с необычной стороны – предпочитает коктейль из мартини с водкой по рецепту «Смешать, но не взбалтывать», сложные спецоперации и гонки на мотоциклах.

Впервые в виде бор был получен в 1808 году французскими химиками Жозефом Гей-Люссаком и Луи Тенаром с помощью реакции оксида бора (борного ангидрида)  $B_2O_3$  с ме-

таллическим калием. Чуть позже, в том же бор электролизом расплавленного  $B_2O_3$  Хэмфри Дэви удалось получить большее количество бора. В виде простого вещества бор представляет собой аморфное вещество коричневого цвета, который вряд ли может привлечь кого-то.

По-настоящему бор раскрывается с неожиданной стороны, когда речь идёт о его производных. Возьмём нитрид бора – BN. Взятые в соотношении 1:1 элемент № 5 и элемент № 7 связаны такими прочными связями, что кристаллическая решетка нитрида бора такая же прочная, как кристаллической решётка, состоящая из элемента № 6 – алмаза. Трифторид бора  $BF_3$  представляет собой типичную кислоту Льюиса. В отличие от справедливых для водных растворов теорий Аррениуса и Бренстеда-Лоури, в которых к кислотам относят вещества, образующие в воде ион гидроксония  $H_3O^+$ , теория кислот и оснований Льюиса универсальна, и в ней кислотой считается вещество или частица, которая может выступать акцептором пары электронов. Самая простая кислота Льюиса – протон, частица, которую мы обозначаем как  $H^+$ . Соединение  $BF_3$  может выступать в качестве кислоты Льюиса из-за того, что за счет собственных трех электронов бора и трех электронов от атомов фтора электронная оболочка бора содержит шесть электронов. Для формирования устойчивых электронных оболочек, в соответствии с правилом, впервые установленным самим Льюисом, необходимо



восемь электронов. Бор в трифториде бора и подобных соединениях формирует устойчивую восьмиелектронную оболочку, принимая в свободную электронную ячейку-орбиталь два электрона, заряжаясь при этом отрицательно.

Именно это свойства бора позволяет применять гексагидрид дибора, он же диборан ( $B_2H_6$ ) в спецоперациях органического синтеза. Гидрида бора со строением  $BH_3$  нет, но об этом чуть позже. Диборан быстро и избирательно присоединяется к двойным связям углеводородов, а продукт этого присоединения легко разрушается щелочным раствором перекиси водорода, образуя при этом спирты. Реакция протекает очень легко, не образуя побочных продуктов, и самое главное её достоинство в том, что она позволяет получать первичные спирты, которые нельзя получить присоединением воды к двойной связи непредельного углеводорода – там, в соответствии с правилом Марковникова, можно получить только вторичные спирты.

Свое название бор получил благодаря минералу, из которого был выделен – буре,  $Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$ , действуя сильной кислотой на буру, можно получить борную кислоту  $H_3BO_3$ , которую раньше можно было купить в аптеке. Борная кислота применялась как мягкое асептическое средство, средство для обработки щелочных ожогов кожи и даже инсектицид, правда сейчас борную кислоту стараются не использовать – она попала под подозрение как слабый канцероген. В борной кислоте с атомом бора связано три гидроксильные группы

– ОН, если одну группу ОН заместить на остаток ароматического углеводорода – арильную группу, получается арилборная кислота, способная реагировать с арилгалогенидами с образованием связи С – С в каталитической реакции, известной как реакция Сузуки. За эту реакцию, которая позволяет получать новые органические соединения с большой скоростью и избирательностью, образуя целевые продукты с большими выходами, её первооткрыватель – Акиро Сузуки в 2010 году был награжден Нобелевской Премией.

Свою роль бор сыграл и в теории химии, точнее, в теории химической связи. Произошло это тогда, когда в 1940-е годы ученые начали задумываться о том, почему молекулы  $\text{BH}_3$  не существует, а простейший бороводород – диборан, формула которого  $\text{B}_2\text{H}_6$ .

Элементы главных подгрупп, к которым относится бор, стремятся заполнить внешнюю оболочку до восьми электронов. В соответствии с правилом электронных октетов, устойчивой электронной оболочкой является оболочка, изоэлектронная инертным газам. Образуя химические связи (как ионные, так и ковалентные), атомы стремятся отдавать или принимать такое количество электронов, которое обеспечит наличие восьми электронов на их внешнем слое.

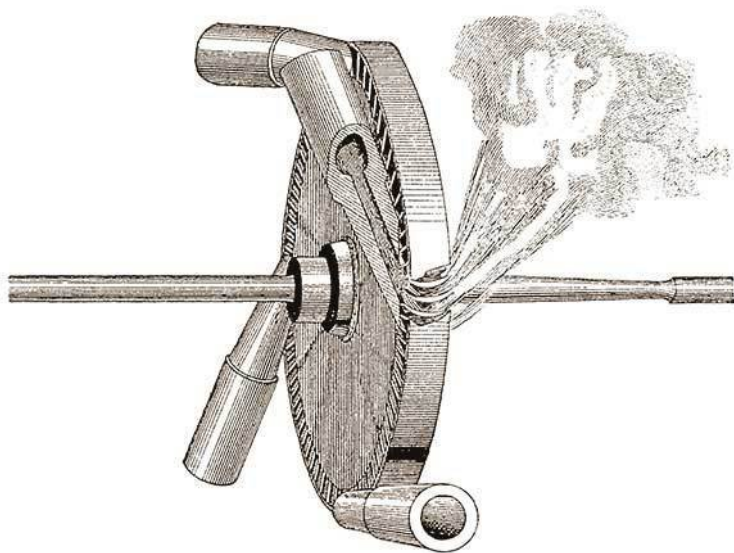
У бора на внешнем (валентном) уровне всего три электрона, поэтому в гипотетическом соединении  $\text{BH}_3$  на внешнем электронном слое бора будет располагаться шесть электронов. Такая конфигурация не будет устойчивой, и, соот-

ветственно, соединения с шестиэлектронной оболочкой не будут устойчивы и просто не смогут существовать. Для увеличения стабильности своих соединений бор стремится принять на эту орбиталь пары электронов уже сформированных ковалентных связей. В конечном итоге образуются так называемые многоцентровые связи, в которых пара (или большее число электронов) может одновременно принадлежать более чем двум ядрам.

Состав соединений с многоцентровыми ковалентными связями часто отличается от состава, который можно было бы предсказать, основываясь на привлечении «привычной» теории валентных связей, где одинарная, двойная или тройная связи могут образовываться только между двумя атомами (то есть облако электронов может одновременно принадлежать только двум атомам – двум центрам, формирующим связь).

Изучение химической связи в борах позволило определить, что теория валентных связей и классические валентные состояния не всегда могут предсказать и описать состав и строение химических веществ. Обнаружение для атомов бора многоцентровых многоэлектронных связей поставило перед химиками вопрос о необходимости нового определения валентности и других характеристик ковалентной связи, тем более что существующее в настоящее время определение валентности по IUPAC нельзя считать идеальным: *«Валентность – максимальное количество одно-*

валентных атомов, которое может соединиться с элементом или фрагментом, или с тем, чем может быть заменен этот атом». Очевидно, что давать определение феномена, используя слово, являющееся производным этого феномена, немного нелогично.



## 6. Углерод

Поскольку любой химик (как, впрочем, и любой человек) является углеродной формой жизни, об углероде он может разговаривать часами. Любой, кроме химиков-органиков. Они, конечно тоже углеродные формы жизни, внешне неотличимые от людей, но поскольку они работают над получением новых соединений, содержащих линейные, разветвленные и замкнутые цепочки из атомов углерода и полагают, что все остальные элементы.

Периодической системы нужны лишь для исполнения грандиозного замысла – построения главной углеродной цепочки, которая их волей свяжет и скуёт все остальные углеродные цепи, они могут говорить об углероде сутками.

Органическая химия, конечно, интересна, и действительно об органических соединениях можно говорить много и долго (говорю об этом ответственно, до того, как стать химиком-элементооргаником, я тоже был органиком), но и в виде простых веществ, веществ, состоящих только из атомов углерода, углерод весьма интересен. Углерод образует много разновидностей простых веществ – аллотропных модификаций. Кажется, что в последнее время каждая из таких модификаций получает своё «десятилетие славы» – в 1990-е годы своеобразным «хитом» стали полые «мячики» из атомов

углерода – фуллерены, в начале 2000-х внимание химиков и специалистов по материаловедению приковали углеродные нанотрубки, и наконец последнее десятилетие, после вручения в 2010 Нобелевской Премии по физике Андрею Гейму и Константину Новосёлову самой «хайповой» формой углерода стал графен – двумерный материал или слой углеродов толщиной в один атом.

Однако, говоря об углероде, больше бы хотелось рассказать не о его новых обличьях, а о представителях той его форме, которые известны как лучшие друзья девушек, об алмазах. Да, в английской песне, которую пела Норма Джин Бейкер (более известная, как Мерлин Монро), речь шла об алмазах, бриллианты – те же алмазы, но огранённые, с правильной формой, упомянуты в более поздней песне, которую пела Вера Галушка (она же Вера Брежнева).

Тысячелетиями алмазы ассоциировались с достатком и богатством – блеск ограненных камней украшал перстни вельмож, короны монархов и тиары понтификов. К сожалению, у алмазов есть и своя темная сторона – почти у каждого крупного камня есть своя кровавая история, известные случаи, когда алмазами небольшого размера финансировались локальные конфликты и небольшие гражданские войны.

Твёрдость алмазов и блеск граней бриллиантов многие века заставлял алхимиков и химиков пытаться получать эти камни искусственным путём. Первый удачный синтез алмаза был осуществлен в почти одновременно в США и Швеции.

Для синтеза исследователи воспользовались тем способом, с помощью которого алмазы формируются в земной коре – первая технология получения искусственных алмазов основывалась на превращении графита в алмаз при высоких температурах (более 3000 °C) и высоких давлениях (более 130 атмосфер). Демонстрация возможностей получения алмазов впечатляла, но, увы, затраты энергии на создание температуры и давления, необходимых для такого получения алмазов, не позволяли рассматривать новую технологию как способ промышленного производства – по расходам на их получение первые синтетические алмазы стоили гораздо дороже, чем алмазы природного происхождения. С той поры способ получения алмазов сжатием при высокой температуре был модернизирован, использование катализаторов позволяет снизить и давление, и температуру синтеза. Конечно, этот способ не идеален – если кристалл алмаза в пару микрон диаметром можно вырастить за пару минут, то алмаз в один карат нужно растить несколько недель.

Тем не менее, разработанная технология означает, что в настоящее время появилась возможность синтезировать алмазы, практически неотличимые от природных, из любого углеродсодержащего материала. Конечно, отличить природные алмазы, сформировавшиеся в кимберлитовых трубках, от алмазов, синтезированных, скажем, из наших волос, можно с помощью специального оборудования (например, определив их изотопный состав), но принципиальное

значение такая возможность представляет только для алмазов, поступающих на рынок ювелирных изделий (природные алмазы дороже синтетических) – химические и физические свойства синтетических алмазов полностью идентичны свойствам природных камней.

С точки зрения химика или физика, описывая физические, химические и электронные свойства алмазов, мы рискуем слишком часто использовать превосходную форму сравнения. До настоящего времени алмаз является самым твёрдым материалом, известным человеку и одним из самых химически устойчивых веществ – он выдерживает воздействие самых сильных кислот. У алмаза также наиболее высокая теплопроводность из известных материалов, он легко рассеивает тепло, поэтому алмаз всегда прохладен на ощупь. Благодаря распределению электронов алмаз можно считать хрестоматийным примером диэлектрика, и опять же благодаря своему электронному строению алмаз – твердый материал с идеальной пропускаемостью электромагнитного излучения в широкой области спектра. Все эти свойства делают алмазы лучшими друзьями не только девушек, но и учёных. Твёрдость и химическая стойкость алмаза позволяет применять его для изготовления защитных покрытий, устойчивых к истиранию, химической коррозии и радиационному повреждению. Высокая теплопроводность и диэлектрические свойства идеально подходят для изготовления электроники. Прозрачность алмаза позволяет делать из него оп-

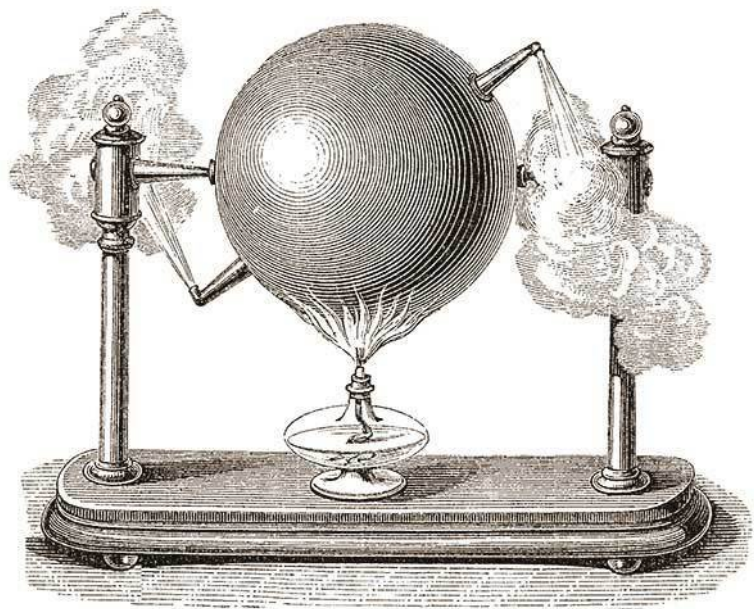


тические устройства, а биологическую совместимость алмаза можно использовать, изготавливая покрытия для имплантов. Эти свойства алмазов известны несколько веков, почему же случаи практического применения алмазов достаточно редки? Причина этому в том, что как размеры природных алмазов, равно как и алмазов синтетических, тех, которые получают при высоких давлениях и высоких температурах, ограничены и обычно не превышают нескольких миллиметров, и их можно резать и формовать только вдоль определённых граней. Сложности с обработкой алмазов не дают применять их в большинстве областей, в которых их можно было бы применить.

Около десятилетия назад появилось решение, позволяющее расширить возможности применения алмазов – был разработан новый способ их синтеза при низком давлении с помощью метода химического осаждения из газовой фазы. Для этого газовую смесь, состоящую из 99 % водорода и 1 % метана пропускают над нитью накала, в результате чего происходит термическая активация компонентов газовой смеси, и в ней образуются реакционноспособные радикалы водорода и метильные радикалы, реакции которых приводят к тому, что газ, осаждаясь на твердой охлажденной подложке, формирует на ней тонкую плёнку из алмаза. Первоначально образуется углеродная плёнка, состоящая из и графита, и алмаза, но в условиях реакции отложения графита разрушаются, и остается только алмаз. Формирующиеся алмазные

плёнки поликристаллические, они состоят из кристаллитов алмаза микронного размера. Несмотря на непривлекательный внешний вид, такие пленки можно осадить на поверхности, которые отличаются друг от друга и размером, и материалом, и формой, что, очевидно, увеличивает шансы практического применения алмазов.

Конечно, для полноценного применения алмазных плёнок, полученных с помощью химического осаждения паров, ещё необходимо выяснить, какие химические процессы протекают (и протекают ли) там, где алмазная плёнка контактирует с поверхностью, на которую её нанесли, а также уточнить наиболее оптимальный способ применения плёнок – алмазные плёнки предоставят химикам, физикам, специалистам по материаловедению и инженерам многие годы работы. Однако эти перспективы уже сейчас позволяют говорить, что алмазы собираются завести гораздо более широкий круг друзей, чем у них был до недавнего времени.



## 7. Азот

Достаточно часто в блогах, статьях и даже школьных планах поурочного планирования со ссылкой на Большую Советскую энциклопедию 1952 года приводится цитата, сравнивающая «социалистический» и «капиталистический» азот. Действительно, в соответствующей словарной статье такое противопоставление есть, но, справедливости ради, её авторы не придумали это сравнение сами, а процитировали лозунг, появившийся лет за двадцать до издания энциклопедии.

Полностью этот энциклопедический пассаж, конечно, не лишен идеологизированности, но звучит немного более мягко: *«Царская Россия азотной промышленности совершенно не имела. Азотная промышленность в Советском Союзе была создана в годы первых сталинских пятилеток; к ней в полной мере относятся слова И. В. Сталина, сказанные в 1933: «У нас не было серьезной и современной химической промышленности. У нас она есть теперь» (Сталин, Вопросы ленинизма, 11 изд., стр. 373). ... В противоположность капиталистическим странам, где азотная промышленность работает в первую очередь для нужд войны, в СССР азотная промышленность имеет своей целью удовлетворить возрастающий спрос социалистического сельско-*

го хозяйства на азотные удобрения. *«Азот в сложении с капитализмом – это война, разрушение, смерть. Азот в сложении с социализмом – это высокий урожай, высокая производительность труда, высокий материальный и культурный уровень трудящихся» (из передовой газ. «Правда», 1932, 25 апреля, № 115)». В действительности же, азот как двуликий Янус – независимо от формы государства и его строя, соединения азота готовы нести жизнь, удобряя поля, и сеять смерть, входя в состав взрывчатых веществ.*

Несмотря на то, что воздух вокруг нас примерно на 80 % состоит из азота, и открывать азот человечеству пришлось долго – до азота алхимики и химики не только узнали о всех его «соседях» по Периодической системе – фосфоре, мышьяке, сурьме и висмуте, но и начали активно использовать их соединения. С другой стороны, все элементы из группы азота, кроме самого азота, твердые, а то, что твердые вещества, «земли» не были единым элементом, стало известно уже даже во времена алхимии. А вот осознания того, что воздух не является единым элементом пришлось подождать до эпохи «пневматической химии» – этапа развития химии, на котором был определен и состав воздуха, и получены, и изучены другие газы.

У истоков открытия азота стоял Генри Кавендиш, который изучал «связанный» или «мефитический воздух», впервые полученный шотландским химиком Джозефом Блэком

в 1750-х годах – углекислый газ. «Связанным» его называли благодаря получению – обработке кислотой некоторых минералов, например, известняка, из которого он высвобождался. «Мефитическим», то есть ядовитым воздухом углекислый газ был назван по той причине, что он не поддерживал дыхание лабораторных животных, быстро убивая их. После ряда экспериментов Кавендиш посчитал, что получил другую форму ядовитого воздуха – он обнаружил, что газ, остающийся после горения свечи в закрытом объёме тоже смертелен для животных (ни азот, ни появившийся в результате горения углекислый газ дыхание не поддерживают). Однако после серии экспериментов Кавендиш понял, что его «мефитический воздух» – смесь. При пропускании газовой смеси, получившейся в ходе экспериментов Кавендиша, через раствор щелочи или негашёную известь часть газа поглощалась, причем из твердых продуктов реакции действием кислоты можно было выделить тот же «мефитический воздух», который описывал Блэк (об этом можно было судить по плотности газа). Часть же газа щелочью не поглощалась, образуя весьма инертный и не поддерживающий дыхание «воздух», плотность которого была чуть-чуть меньше, чем атмосферного воздуха – это и был азот (молекулярная масса азота  $N_2$  равна 28, молекулярная масса атмосферного воздуха равна 29). Кавендиш не опубликовал свои результаты, а сообщил о них в письме коллеге Джозефу Пристли, одному из первооткрывателей кислорода. В конечном итоге, первоот-

кривателем азота можно считать шотландского химика Даниэля Резерфорда (дяди Сэра Вальтера Скотта, автора рыцарских и исторических романов). В 1772 году Резерфорд защитил магистерскую диссертацию «О связанном или мифитическом воздухе», в которой расписал основные свойства азота (инертное вещество, не реагирует со щелочами, не поддерживает горения, непригоден для дыхания).

Название «азот», происходящее от древнегреческого «безжизненный» этому элементу в 1787 году дал, занимавшийся в то время упорядочением химической номенклатуры Антуан Лавуазье, опираясь все на те же свойства, что, азот, дескать, воздух испорченный, дыхание не поддерживающий и быстро убивающий любого, кто его вдохнёт. Спустя некоторое время оказалось, что такие свойства можно приписать любому газу, кроме разве что кислорода, длительное вдыхание которого, впрочем, тоже не безопасно для организма. Ну а вскоре после того, как стало ясно, что азот не такой уж и «безжизненный» и входит в состав молекул жизни – белков, нуклеиновых кислот, номенклатурное латинское название азота и название азота на ряде языков сменилось на “*nitrogenium*” – «рождающий селитры». В основу этого названия легли наблюдения всё того же Генри Кавендиша, описавшего, что, если подействовать на воздух электрическим разрядом, а потом пропустить его через раствор щелочи, получают селитры (*nitre*). В итоге азот остался одним из немногих элементов, название которого в разных языках

строится по разным принципам. В русском, французском, итальянском и турецком языках азот остался азотом, в английском и испанском название строится как производное от официального латинского *nitrogenium*, по-немецки этот элемент называется *Stickstoff* (удушающее вещество), что-то похожее есть и в некоторых славянских языках (например, хорватское *dušik*).

Приручить азот, точнее использовать в качестве сырья для производства азотсодержащих удобрений и азотной кислоты, удалось только в XX веке. «На бумаге» задача решалась легко – заставляем азот воздуха реагировать с кислородом воздуха же, получаем оксиды азота, которые превращаем в кислоту или нитраты, но на практике ходить приходилось по огромным и крутым «оврагам» – заставить азот реагировать с кислородом удавалось только в лаборатории и только при температуре не менее 3000 °C, что, естественно не могло стать основой для промышленного производства. Причина столь большой инертности азота в чрезвычайно прочной тройной связи между атомами в двухатомной молекуле N<sub>2</sub> (до сих пор в лабораторной практике для создания инертной атмосферы можно использовать не только инертный газ аргон, но и азот).

В начале 1900-х годов химические технологи первоначально пошли путём Кавендиша и заменили нагрев электрическим разрядом. В 1903 году норвежские ученые Кристиан Олаф Бернхард Биркеланд и Самуэль Эйде сконструировали

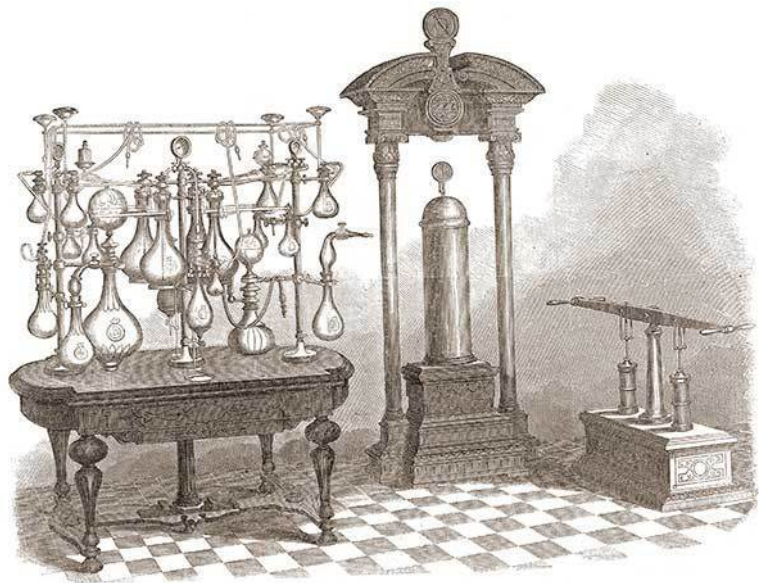


в электрическую печь для промышленного получения азотной кислоты и нитрата кальция (который с тех пор стал называться «норвежской селитрой») из воздуха. Метод, получивший название «Метода Биркеланда-Эйде» требует больших затрат и может применяться только при условии наличия дешёвой электроэнергии (например, приливной, геотермальной и т. д.) и в настоящее время практически не имеет промышленного значения.

Разработать же применяющийся сейчас способ связывания атмосферного азота удалось немецким ученым Фрицу Габеру и Карлу Бошу, которые вместо того, чтобы и дальше штурмовать идущую с поглощением реакцию горения азота в кислороде, нашли обходный манёвр. Этим маневром стала протекающая с выделением теплоты равновесная реакция азота с водородом, приводящая к образованию аммиака, который затем и сжигают с образованием оксидов азота. Процесс связывания азота по Габеру-Бошу дешевле, чем метод Биркеланда-Эйде, но и в этом случае расходы энергии колоссальны – на связывание азота в аммиак ежегодно тратится около 1 % всей энергии, вырабатываемой человечеством. Большей частью все эти кило- и мегаватты тратятся на сжатие и нагрев азото-водородной смеси, необходимых для того, чтобы направить равновесие туда, куда надо. В 1918 году Фриц Габер получил Нобелевскую премию по химии, что тут же вызвало негодование многих учёных, особенно являющихся гражданами стран, воевавших с Германией во вре-

мя Великой войны. Причина этого в том, что Габер не только создал условия для ведения современного сельского хозяйства с химическими удобрениями, но стал автором концепции химической войны – первая газобалонная атака кайзеровской армии на франко-бельгийские позиции 22 апреля 1915 году проходила под непосредственным руководством будущего Нобелевского лауреата.

Полученный по методу Габера аммиак может стать аммиачной селитрой, которую можно применять и как удобрение, и как материал для бомб-самodelок – связывание азота действительно может использоваться двояко. А вот процесс, в результате которого молекулярный азот выделяется, используется для спасения жизней. В системе, управляющей подушками безопасности в автомобиле имеются емкости с азидом натрия ( $\text{NaN}_3$  – восстановитель) с нитратом калия ( $\text{KNO}_3$  – окислитель). При аварии эти вещества смешиваются и вступают в химическую реакцию, в результате которой образуется большой объем азота, надувающего подушку безопасности, тем самым сохраняя жизнь и здоровье тем, кто находится в автомобиле.



## 8. Кислород

Первая революция на нашей планете началась очень давно, а её плодами мы пользуемся до сих пор, точнее – она создала нас с вами.

На рубеже архея и протерозоя 2.2–2.6 миллиардов лет назад произошло глобальное изменение состава атмосферы Земли, которое называют «Великим кислородным событием» или «Кислородной революцией». 2.8 миллиардов лет назад появились цианобактерии, которые освоили новый способ преобразования солнечной энергии в химическую – активируемая солнечным светом комбинация углекислого газа и воды, побочным продуктом которой был кислород (фотосинтез, то есть превращение солнечной энергии в химическую, существовал и ранее, но в фотосинтетических процессах, свойственных более эволюционно древним организмам, кислород не выделялся). Выделяющийся при фотосинтезе цианобактерий кислород, токсичный для многих организмов той эпохи, стал менять ландшафт нашей планеты – окислять восстанавливающие компоненты атмосферы и земной коры. В какой-то момент содержание кислорода в атмосфере резко возросло, газовая оболочка Земли превратилась из восстанавливающей в окисляющую, простейшие организмы, для которых кислород был ядом, вымерли или оказа-

лись в бескислородных «резервациях» биосферы – анаэробных карманах. Существование больших количеств молекулярного кислорода в атмосфере Земли привело к образованию озонового слоя, позволившего живым организмам расширить области своего обитания существенно расширившего границы биосферы, и привело к распространению дающего большее количества энергии кислородного дыхания. Началась эра кислорододышащих или аэробных форм жизни, эволюция которых, привела к появлению в том числе и человека.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.