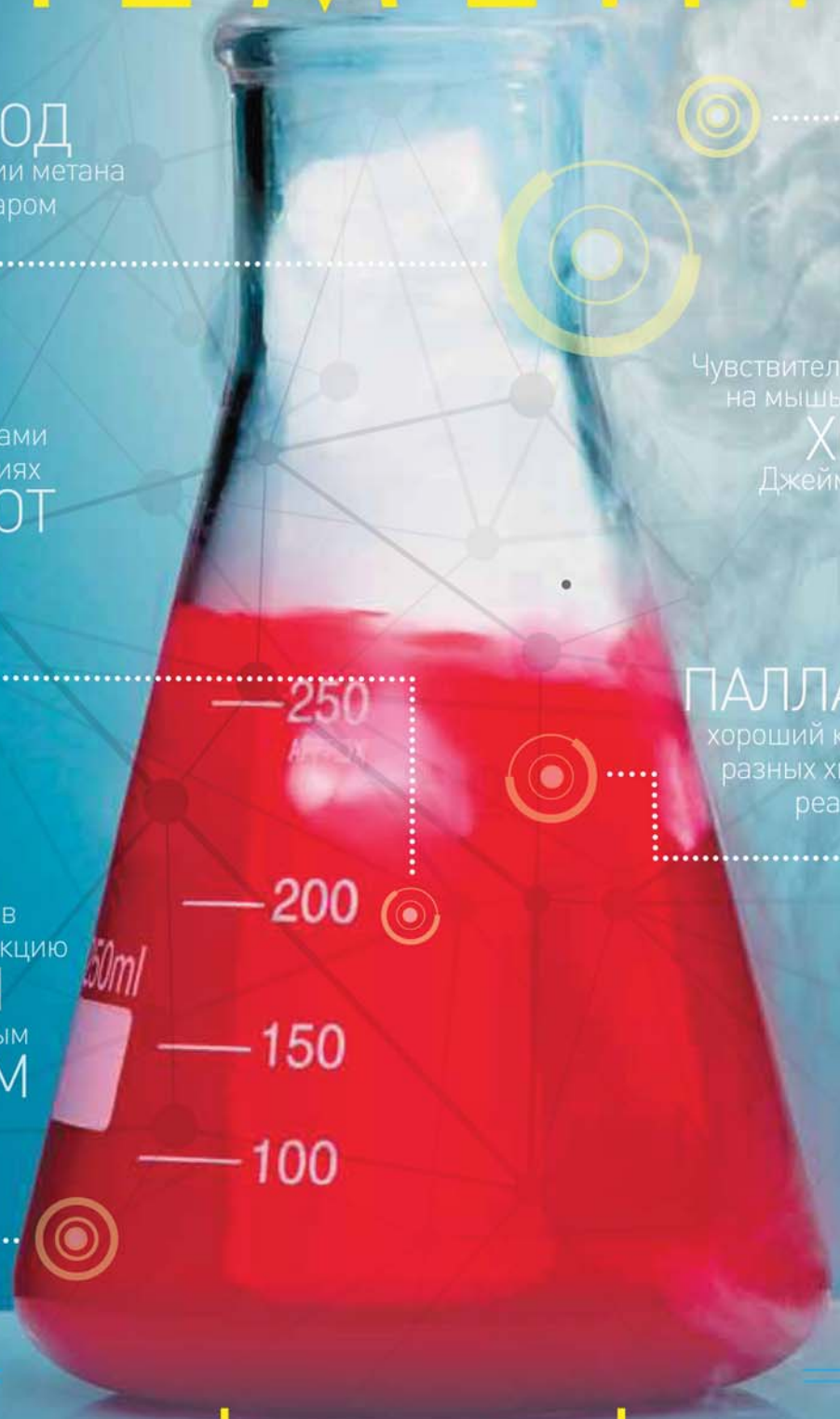
И. А. ЛЕЕНСОН

# ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ




**ВОДОРОД**
получают в реакции метана с водяным паром

Облучением висмута нейтронами в ядерных реакциях **ПОЛУЧАЮТ** $^{210}$**PO**

Сильный взрыв сопровождает реакцию **ЦЕРИЯ** с расплавленным **ЦИНКОМ**

Чувствительную реакцию на мышьяк открыл в **XIX** в. Джеймс Марш.

**ПАЛЛАДИЙ** – хороший катализатор разных химических реакций

## в инфографике

УДК 54
ББК 24.12
Л39

Охраняется законом об авторском праве. Воспроизведение всей книги
или любой ее части запрещается без письменного разрешения издателя.
Любые попытки нарушения закона будут преследоваться в судебном порядке.

**Леенсон, Илья**

Л39 Химические элементы в инфографике/ И.А. Леенсон – Москва: Издательство АСТ, 2016. – 224 с.: ил. – (Все знания мира в инфографике).

ISBN 978-5-17-098404-6 (ООО «Издательство АСТ»)

Илья Абрамович Леенсон – кандидат химических наук, старший научный сотрудник химического факультета МГУ, доцент Высшего химического колледжа РАН, автор научных и научно-популярных статей, книг и учебных пособий. Его путеводитель по химическим элементам, ставший классическим, впервые визуализирован посредством инфографики – насыщенных фактами иллюстраций, созданных по мотивам основного текста и по ассоциации с ним.

Химия – это легко!

УДК 54
ББК 24.12

**Илья Абрамович Леенсон**
**ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ИНФОГРАФИКЕ**

Все знания мира в инфографике

Авторы инфографики:
*К.А. Воронин, М.О. Мосиенко*

В оформлении использованы материалы агентства Shutterstock.

Зав. редакцией *Ю.В. Данник*
Ответственный редактор *О.Д. Лазуткина*
Оформление обложки *А.М. Якунина*
Компьютерная верстка *А.С. Грених*
Технический редактор *Т.П. Тимошина*
Корректор *Ю. Сырцова*

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953000 – книги и брошюры

Подписано в печать 15.05.2016
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 26. Бумага офсетная, печать офсетная.
Тираж 3000 экз. Заказ

ООО «Издательство АСТ»
129085, РФ, г. Москва, Звездный бульвар, дом 21, стр. 3, комната 5
Адрес нашего сайта: www.ast.ru; e-mail: ogiz@ast.ru

“Баспа Аста” деген ООО
129085 г. Мәскеу, жұлдызды гүлзар, д. 21, 3 құрылым, 5 бөлме
Біздің электрондық мекенжайымыз: www.ast.ru
E-mail: ogiz@ast.ru
Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы»
ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер Б, офис 1.
Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107;
E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

ISBN 978-5-17-098404-6 (ООО «Издательство АСТ»)

© Леенсон И.А., 2016
© ООО «Издательство АСТ», 2016

1

H

ВОДОРОД

1,008

# ВОДОРОД

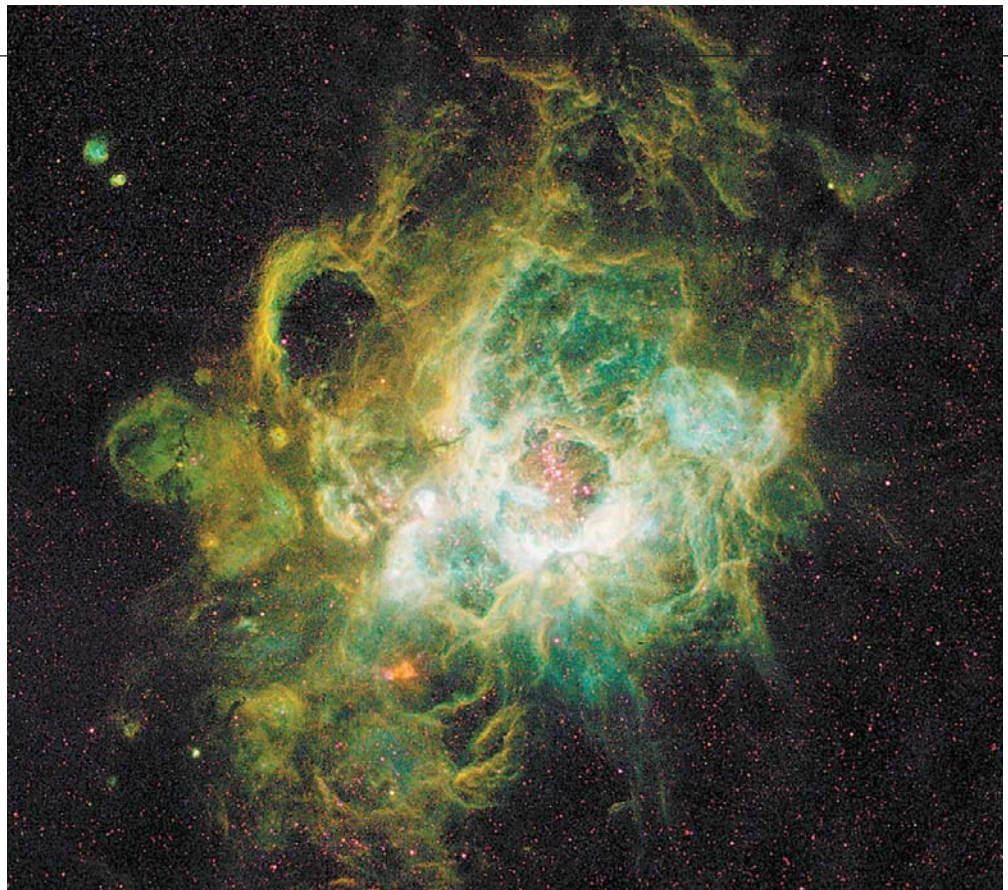
| | |
|---|---|
| **Кларк, г/т** | 1400 |
| **Плотность, г/л** | 0,09 |
| **t кипения, °C** | -252,9 |

*Водород представляет пример газа, на первый взгляд не отличающегося от воздуха. Оттого немудрено, что Парацельс, открывший, что при действии некоторых металлов на серную кислоту получается воздухообразное вещество, хорошо не определил его отличия от воздуха. Действительно, водород бесцветен и не имеет запаха, так же как и воздух; но, при ближайшем знакомстве с его свойствами, этот газ оказывается совершенно отличным от воздуха.*

*Д. И. Менделеев.*

Водород — единственный элемент, изотопы которого имеют свои названия: $^{1}H$ — протий (от греч. protos — первый), $^{2}H$ (D) — дейтерий (от греч. deuteros — второй), $^{3}H$ (T) — тритий (от греч. tritos — третий). Содержание дейтерия в природном водороде непостоянно: от 0,0011 до 0,0016%.

Область ионизированного водорода в галактике Треугольника.



# Водород H

| | |
|---|---|
| Кларк, г/т | 1400 |
| Плотность, г/л | 0,09 |
| t кипения, °C | -252,9 |

## Протий $^{1}H$



Протий составляет ≈ 99,9% от общего числа атомов водорода во Вселенной. Это наиболее распространенный элемент в природе.

## Дейтерий $^{2}H$



Электрический разряд в дейтерии дает ультрафиолетовое излучение, которое используют в спектрофотометрах — приборах, записывающих спектры веществ.

## Тритий $^{3}H$



Тритий радиоактивен (период полураспада 12,3 года), он образуется в верхних слоях атмосферы под действием космического облучения.

**1493—1541**



Образование водорода наблюдал Парацельс.

**1766**



В чистом виде водород получил английский химик и физик Генри Кавендиш.

**1783**



Французский химик, директор Парижского музея науки Жан Франсуа Пилатр де Розье (1754—1785) совершил первое в мире путешествие на воздушном шаре, частично наполненном водородом.




## Мировое производство водорода

**60**

**МЛН ТОНН**



Синтез аммиака: для удобрений, взрывчатых и лекарственных средств.



Производство кварцевого стекла: водородно-кислородное пламя дает температуру > 2000 °C.



Электрическая энергия: из энергии «холодного» горения в топливных элементах.

Тритий радиоактивен (период полураспада 12,3 года), он образуется в верхних слоях атмосферы под действием космического облучения. В дождевой воде на 1 атом $^{3}H$ приходится примерно $10^{18}$ (квинтиллионов) атомов $^{1}H$.

Плотность водорода при нормальных условиях 0,090 г/л, это самый легкий газ, он в 14 раз легче воздуха.

При сильном охлаждении водород становится жидким, а затем твердым. Температура плавления водорода –259,1 °C, температура кипения –252,9 °C. Жидкий водород — самая легкая жидкость, 1 литр ее весит всего 67 г (при температуре –250 °C), а твердый водород — самое легкое твердое вещество: его плотность 0,076 г/см$^3$. Растворимость водорода в воде при 20 °C 18,2 мл/л. Водород хорошо растворяется в никеле, платине и палладии. Проникают молекулы $H_2$ через многие материалы. Поэтому резиновый шарик, надутый водородом, «худеет» намного быстрее шарика, надутого воздухом.

Водород очень близок к идеальному газу: при нормальных условиях 1 моль водорода занимает объем 22,42 л, что практически не отличается от теоретического объема для идеального газа (22,4138 л).

В чистом виде водород впервые получил в 1766 г. английский химик и физик Генри Кавендиш (1731—1810). Но задолго до этого образование водорода наблюдал Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм, он же Парацельс (1493—1541).

**СЛОВО «ВОДОРОД» (РОЖДАЮЩИЙ ВОДУ) – КАЛЬКА С ФРАНЦУЗСКОГО HYDROGÈNE.** ЭТО СЛОВО ПРИДУМАЛ ЗНАМЕНИТЫЙ ФРАНЦУЗСКИЙ ХИМИК А. Л. ЛАВУАЗЬЕ, **ПРОИЗВЕДЯ ЕГО ОТ ГРЕЧ. HYDOR – ВОДА И GENES – РОЖДЕННЫЙ.**

Лавуазье впервые доказал, что вода состоит из водорода и кислорода.

В природе водород практически всегда связан с другими элементами, чаще всего с кислородом (например, в воде) и углеродом (в органических соединениях). В виде соединений с углеродом водород входит в состав нефти, природных газов, всех живых организмов. Свободный водород встречается в небольших количествах в вулканических газах, но легкий газ быстро покидает атмосферу, уходя в космическое пространство. В организме среднего человека (70 кг) содержится около 7 кг водорода.

При комнатной температуре водород мало активен и реагирует только с фтором, а на свету — с хлором. В смесях с кислородом и с воздухом водород при содержании более 4,5% образует взрывчатые смеси («гремучий газ»). Взрыв может произойти даже от маленькой искры.

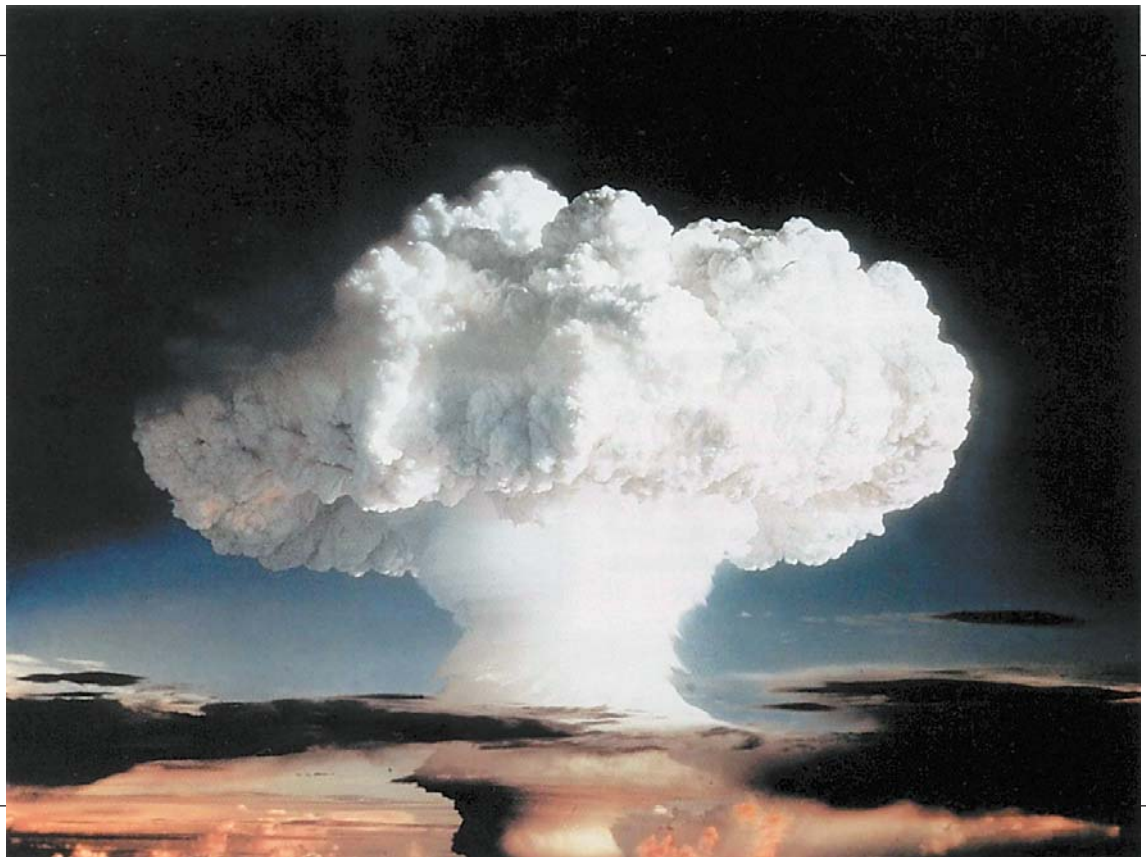
Скорость звука в водороде почти в четыре раза выше, чем в воздухе. Если вдохнуть водород и произнести несколько слов, то звук даже низкого мужского голоса будет неестественно высоким. Однако вдыхать водород небезопасно: в легких он смешается с остатками воздуха и образует взрывчатую смесь. И если при выдохе поблизости окажется огонь...

Именно так случилось с французским химиком, директором Парижского музея науки Жаном Франсуа Пилатром де Розье (1754—1785). Он решил проверить, что будет, если вдохнуть водород; до него никто такого эксперимента не проводил. Он вдохнул этот газ, а затем выдохнул его на огонь свечи, ожидая увидеть вспышку пламени. Однако водород в его легких был смешан с воздухом, и произошел сильный взрыв. «Я думал, что у меня вылетели все зубы вместе с корнями», — писал он впоследствии, очень довольный опытом, который чуть не стоил ему жизни.

И все же отчаянная смелость погубила ученого. В ноябре 1783 г. он первый в мире (в сопровождении армейского офицера маркиза д'Арланда) совершил путешествие на воздушном шаре; аэронавты провели в воздухе 25 минут, поднявшись на высоту 1 км и пролетев около 10 км. Розье изобрел шар с двумя оболочками: в одной был водород, в другой (нижней) — горячий воздух. Такая конструкция позволяла экономить дорогой водород. Первый полет прошел благополучно. Однако в июне 1785 г. Розье решил перелететь Ламанш, но шар загорелся, и ученый, не достигший и 30-летнего возраста, погиб вместе со своим спутником Пьером Роменом.

К большим жертвам привело воспламенение в мае 1937 г. гигантского немецкого дирижабля «Гинденбург» — в нем было 190 000 кубометров водорода. Тогда погибли 35 человек. После многих несчастных случаев водород в воздухоплавании больше не используют, его заменяют гелием или горячим воздухом.





1 ноября 1952 г. США впервые в мире испытали термоядерное взрывное устройство на атолле Эниветок.

В промышленности водород получают в основном в реакции метана с водяным паром при высоких температурах. Мировое производство водорода составляет около 60 миллионов тонн. Основное его применение — синтез аммиака, который нужен для производства удобрений, взрывчатых и лекарственных средств и многих других веществ. Водородно-кислородное пламя дает температуру выше 2000 градусов, что используют в производстве изделий из кварцевого стекла.

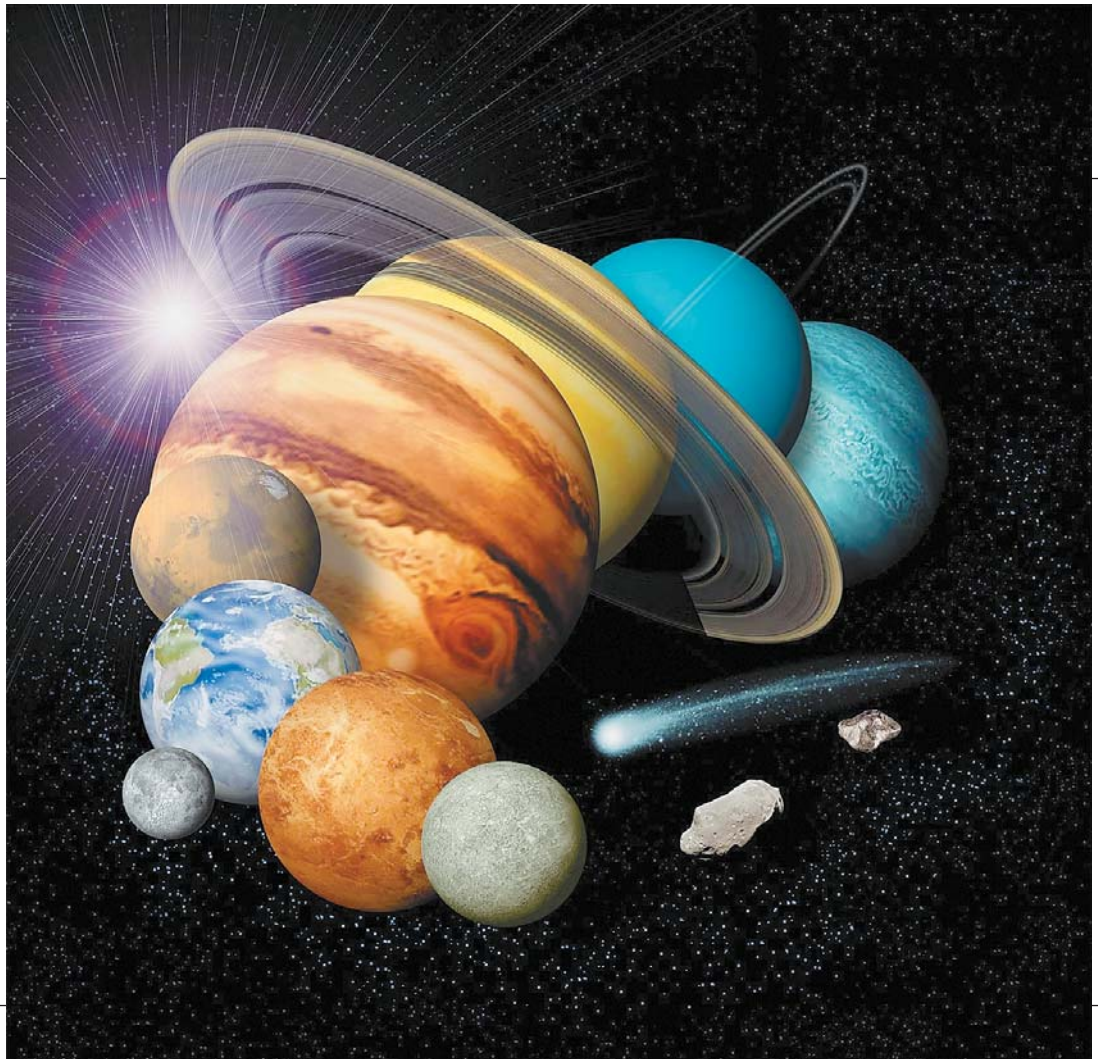
В лабораториях и в промышленности широко используется реакция гидрирования — присоединение водорода к различным соединениям. С помощью гидрирования из жидких растительных масел получают твердые жиры. Восстановление водородом используют для получения рения, вольфрама, молибдена и платиновых металлов из их соединений.

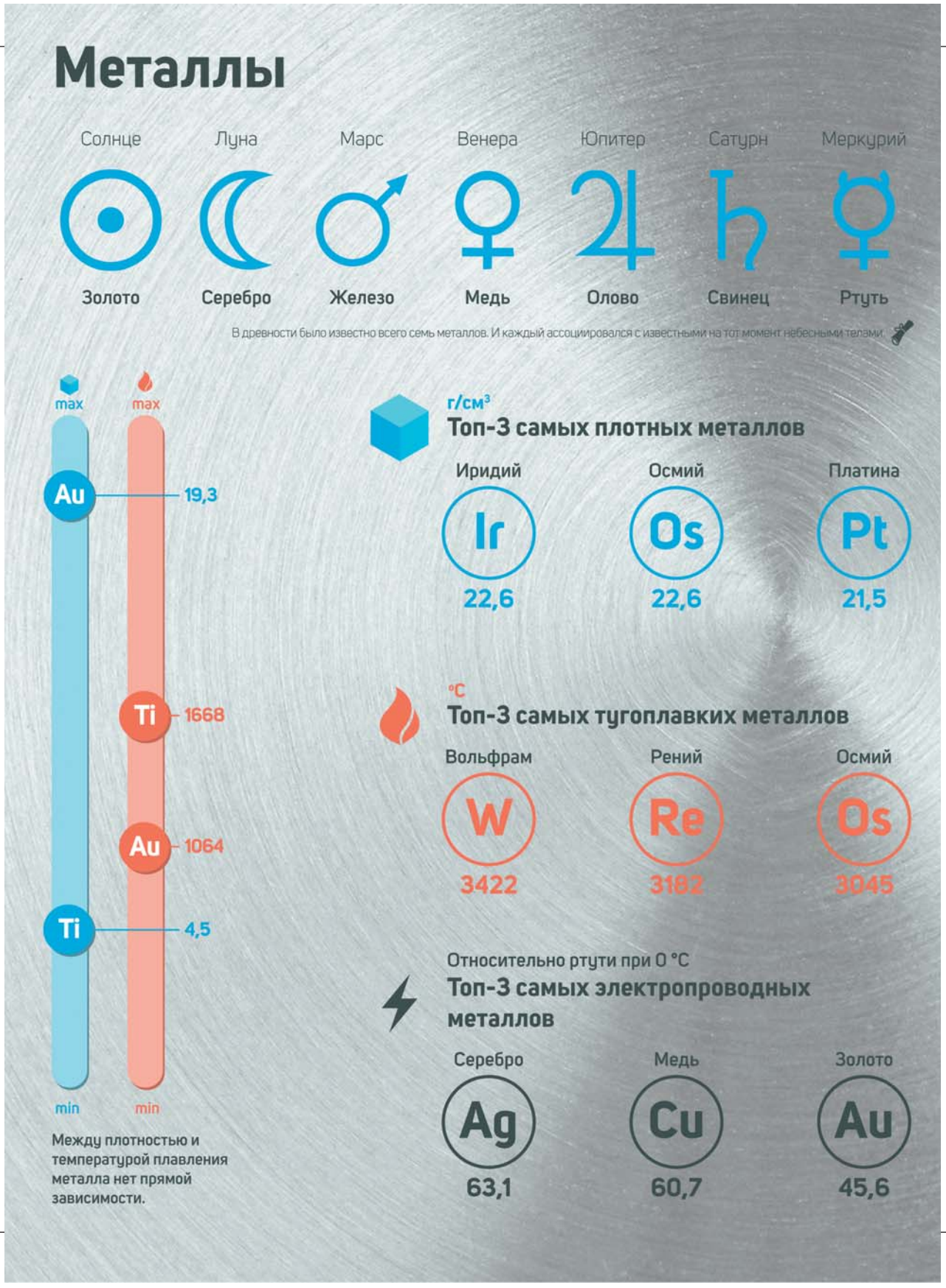
Большие надежды возлагаются на водородную энергетику. Так, в топливных элементах происходит «холодное» горение водорода, энергия которого непосредственно превращается в электрическую энергию. Такой процесс имеет высокий КПД, а его «выхлоп» — безвредный водяной пар. Однако широкому распространению водородной энергетики препятствует высокая стоимость производства водорода, трудность и опасность его хранения и транспортировки. Тем не менее уже созданы экспериментальные автомобили и автобусы, работающие на водородных топливных элементах.

# МЕТАЛЛЫ

Подавляющее большинство химических элементов — металлы. В древности было известно всего семь металлов. И каждый ассоциировался со «своей» планетой, которых тоже было известно семь: «Семь металлов создал свет по числу семи планет». Солнце олицетворяло золото, Луна — серебро, Марс — железо, Венера — медь, Юпитер — олово, Сатурн — свинец, Меркурий — ртуть. Им соответствовали также греческие и римские боги: Гелиос (Соль), Артемида (Диана), Арес (Марс), Афродита (Венера), Зевс (Юпитер), Кронос (Сатурн).

Действительно, золото блестит, как Солнце на небе, а серебро — как Луна; Марс имеет красноватый цвет, как железная окалина (поверхность Марса покрыта оксидом железа); Венера — одно из красивейших небесных тел (Афродита — богиня красоты),




Металлы
Солнце
Луна
Марс
Венера
Юпитер
Сатурн
Меркурий
Золото
Серебро
Железо
Медь
Олово
Свинец
Ртуть
В древности было известно всего семь металлов. И каждый ассоциировался с известными на тот момент небесными телами
max
max
Au
19,3
Ti
1668
Au
1064
Ti
4,5
min
min
Между плотностью и температурой плавления металла нет прямой зависимости.
г/см³
Топ-3 самых плотных металлов
Иридий
Ir
22,6
Осмий
Os
22,6
Платина
Pt
21,5
°C
Топ-3 самых тугоплавких металлов
Вольфрам
W
3422
Рений
Re
3182
Осмий
Os
3045
Относительно ртути при 0 °C
Топ-3 самых электропроводных металлов
Серебро
Ag
63,1
Медь
Cu
60,7
Золото
Au
45,6

Юпитер — самая большая планета, а Зевс — повелитель богов; ртуть подвижна, как вестник богов Меркурий. Полагали, что каждый металл зарождается в недрах Земли под действием проникающих туда лучей «своего» небесного тела. Эта мистическая связь казалась настолько бесспорной, что многие алхимики отказывались признавать существование вновь открываемых металлов (цинка, висмута и др.), так как для них «не хватало» соответствующей планеты.

По определению Михаила Васильевича Ломоносова (1711—1765), металлы — светлые тела, которые ковать можно. Однако не все металлы ковкие. Современная наука добавляет такие свойства, как высокие тепло- и электропроводность, большая плотность, высокая температура плавления. Но и по этим свойствам разброс у разных металлов велик. Вот как располагаются металлы по температурам плавления, плотности и электропроводности в порядке убывания этих свойств.



Великий русский ученый М.В. Ломоносов.

## ПЛОТНОСТЬ МЕТАЛЛОВ (Г/СМ$^3$)

По плотности расположение металлов часто сильно отличается от их расположения по температуре плавления. Оказывается, между плотностью и температурой плавления металла нет прямой зависимости. Например, один из самых тяжелых металлов — золото по температуре плавления занимает довольно скромное место, а тяжелый металл таллий — один из наиболее легкоплавких. И наоборот: очень легкий титан относится к тугоплавким металлам. А исключительно тугоплавкий цирконий почти вдвое легче легкоплавкого свинца. Следует также отметить, что плотность металла, если измерять ее с высокой точностью, сильно зависит от его чистоты. Так, даже небольшие примеси платины, одного из самых тяжелых металлов, может изменить плотность более тяжелых — иридия и осмия.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **IR** | 22,6 | **RH** | 12,4 | **CU** | 9,0 | **CR** | 7,2 | **GE** | 5,3 | **RB** | 1,6 |
| **OS** | 22,6 | **RU** | 12,4 | **CO** | 8,9 | **ZN** | 7,1 | **TI** | 4,5 | **NA** | 1,0 |
| **PT** | 21,5 | **PD** | 12,0 | **NI** | 8,9 | **CE** | 6,8 | **BA** | 3,6 | **K** | 0,9 |
| **RE** | 21,0 | **TL** | 11,8 | **CD** | 8,7 | **SB** | 6,7 | **AL** | 2,7 | **LI** | 0,5 |
| **AU** | 19,3 | **TH** | 11,7 | **NB** | 8,6 | **ZR** | 6,5 | **SR** | 2,6 | | |
| **W** | 19,3 | **PB** | 11,3 | **FE** | 7,9 | **LA** | 6,1 | **CS** | 1,9 | | |
| **U** | 19,0 | **AG** | 10,5 | **MN** | 7,5 | **V** | 6,1 | **BE** | 1,8 | | |
| **TA** | 16,7 | **MO** | 10,2 | **IN** | 7,3 | **GA** | 5,9 | **MG** | 1,7 | | |
| **HG** | 13,6 | **BI** | 9,7 | **SN** | 7,3 | **AS** | 5,8 | **CA** | 1,6 | | |

## ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ*, °C

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **W** | 3422 | **RH** | 1965 | **FE** | 1538 | **AG** | 962 | **SB** | 631 | **NA** | 97,7 |
| **RE** | 3182 | **V** | 1910 | **Y** | 1526 | **GE** | 938 | **ZN** | 419,6 | **K** | 63,4 |
| **OS** | 3045 | **CR** | 1907 | **CO** | 1495 | **CA** | 842 | **PB** | 327,5 | **RB** | 39,5 |
| **TA** | 3020 | **ZR** | 1855 | **NI** | 1455 | **LA** | 921 | **CD** | 321,1 | **GA** | 29,8 |
| **MO** | 2623 | **PT** | 1769 | **BE** | 1287 | **AS** | 817 | **TL** | 303,8 | **CS** | 28,4 |
| **NB** | 2477 | **TH** | 1756 | **MN** | 1246 | **SR** | 769 | **BI** | 271,4 | **HG** | –38,8 |
| **IR** | 2466 | **TI** | 1668 | **U** | 1135 | **BA** | 727 | **SN** | 231,9 | | |
| **RU** | 2335 | **PD** | 1556 | **CU** | 1085 | **AL** | 660 | **LI** | 180,5 | | |
| **HF** | 2233 | **SC** | 1541 | **AU** | 1064 | **MG** | 650 | **IN** | 156,6 | | |

* Для самых тугоплавких металлов точно измерить температуру плавления трудно, поэтому в разных справочниках данные могут различаться на десятки градусов.

## ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ (ОТНОСИТЕЛЬНО РТУТИ) ПРИ 0 °C

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **AG** | 63,1 | **W** | 19,2 | **IN** | 11,5 | **TH** | 7,2 | **SR** | 4,1 | **LA** | 1,6 |
| **CU** | 60,7 | **IR** | 19,1 | **LI** | 11,0 | **CR** | 6,7 | **GA** | 3,5 | **CE** | 1,3 |
| **AU** | 45,6 | **MO** | 18,7 | **FE** | 10,9 | **NB** | 5,8 | **YB** | 3,1 | **HG** | 1,0 |
| **AL** | 37,6 | **CO** | 16,9 | **OS** | 9,9 | **TL** | 5,8 | **HF** | 3,1 | **BI** | 0,9 |
| **BE** | 29,4 | **ZN** | 16,5 | **PD** | 9,6 | **V** | 5,2 | **BA** | 2,6 | **GD** | 0,7 |
| **CA** | 23,1 | **K** | 15,4 | **PT** | 9,6 | **CS** | 5,2 | **MN** | 2,4 | **MN** | 0,5 |
| **NA** | 22,0 | **NI** | 15,3 | **SN** | 8,4 | **RE** | 5,0 | **SB** | 2,4 | **GE** | 0,0002 |
| **MG** | 21,8 | **CD** | 13,3 | **RB** | 8,3 | **PB** | 4,9 | **ZR** | 2,3 | | |
| **RH** | 21,6 | **RU** | 13,2 | **TA** | 7,6 | **U** | 4,5 | **TI** | 2,2 | | |

# ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ

3
**Li**
**ЛИТИЙ**
6,94

## Литий

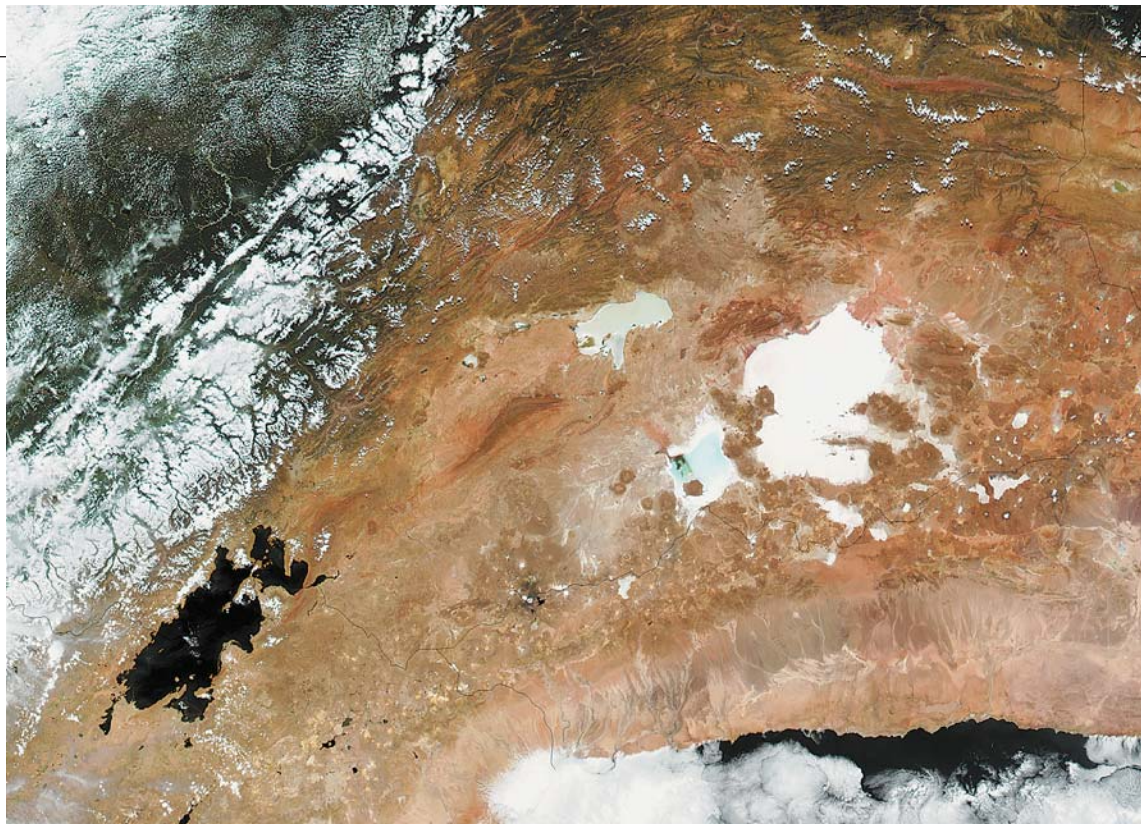
| | |
|---|---|
| **Кларк, г/т** | 20 |
| **Плотность, г/см³** | 0,53 |
| **t плавления, °C** | 180,5 |

*Литий есть самый легкий металл; он имеет удельный вес 0,59, вследствие чего плавает даже на нефти; плавится около 185°, но не улетучивается при краснокалильном жаре. Цветом он напоминает натрий и, подобно ему, имеет желтый оттенок.*

*Д. И. Менделеев. Основы химии.*

Когда в 1817 г. 25-летний шведский химик Юхан Август Арфведсон (1792—1841) выделил из минерала петалита новую «огнепостоянную щелочь до сих пор неизвестной природы» (это был гидроксид лития), его учитель, знаменитый шведский химик Йенс Якоб Берцелиус (1779—1848), предложил назвать ее литионом, от греч. lithos — камень.

Из хлорида лития, который добывают в солончаках Койпаса и Уюни в Боливии, получают литий для аккумуляторов.



# Щелочные металлы

## Литий Li
6,94

| | |
|---|---|
| Кларк, г/т | 20 |
| Плотность, г/см³ | 0,53 |
| t плавления, °C | 180,5 |



Литий — самый легкий из твердых веществ.



Большую часть лития для аккумуляторов добывают в Боливии.



Литий используется в качестве топлива современных торпед.

## Натрий Na
22,99

| | |
|---|---|
| Кларк, г/т | 23 600 |
| Плотность, г/см³ | 0,97 |
| t плавления, °C | 97,7 |




хлорида натрия добывается ежегодно, это одно из самых крупномасштабных производств.




Содержание натрия в теле среднего человека — около **100 г**.



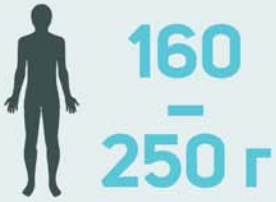
Многие столетия соль была единственным средством консервации пищевых продуктов.

## Калий K
39,1

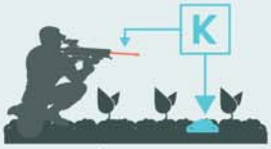
| | |
|---|---|
| Кларк, г/т | 20 900 |
| Плотность, г/см³ | 0,86 |
| t плавления, °C | 63,4 |



Калий — очень активный металл. Даже маленький кусочек взрывается в воде.




В организме человека содержится **от 160 до 250 г** калия.




Нитрат калия (калиевая селитра) в огромных количествах расходовался для производства черного пороха; сейчас он используется как удобрение.

Эта щелочь, в отличие от уже известных натриевой и калиевой, впервые была обнаружена в «царстве» камней. В 1818 г. английский химик Гемфри Дэви (1778—1829) получил из «литиона» новый металл, который назвал литием. Этот же греческий корень — в словах «литосфера», «литография» (оттиск с каменной формы) и др.

Литий — самый легкий из твердых веществ: его плотность всего 0,53 г/см$^3$ (вдвое меньше, чем у воды). Получают литий электролизом расплава хлорида лития. Редкое свойство металлического лития — реакция с азотом при обычных условиях с образованием нитрида лития.

Литий все шире применяется в производстве литий-ионных аккумуляторов. В результате мировое производство лития в 2012 г. составило 37 тысяч тонн — в пять раз больше, чем в 2005 г.

Соединения лития находят применение в стекольной и керамической промышленности. Гидроксид лития — поглотитель избытка углекислого газа в кабинах космических кораблей и подводных лодок. Карбонат лития применяется в психиатрии для лечения некоторых расстройств. В среднем человеке содержится менее 1 мг лития.

11
**Na**
**НАТРИЙ**
22,99

| | |
|---|---|
| **Кларк, г/т** | 23600 |
| **Плотность, г/см$^3$** | 0,97 |
| **t плавления, °C** | 97,7 |

# Натрий

*Получение металлического натрия относится к важнейшим открытиям в химии не потому одному, что чрез то расширилось и стало более правильным понятие о простых телах, но потому особенно, что в натрии видны химические свойства, лишь слабо выраженные в других общеизвестных металлах.*

*Д. И. Менделеев. Основы химии.*

Русское название «натрий» (оно есть также в шведском и немецком языках) происходит от слова «натрон»: так древние египтяне называли сухую соду, которую использовали в процессе мумификации. В XVIII веке название «натрон» закрепилось за «минеральной щелочью» — едким натром. Сейчас натронной известью называют смесь едкого натра и оксида кальция (по-английски soda lime), а натрий по-английски (и во многих других языках — sodium). Слово «сода» произошло от латинского названия растения солянка (sodanum). Это прибрежное морское растение, золу ко-



Галит — основной минерал натрия.

торого в древности использовали при изготовлении стекла. В этой золе содержится карбонат натрия, который назвали содой. И сейчас сода — важнейшая составная часть шихты для производства большинства стекол, в том числе оконных.

Первым из людей, который увидел, как выглядит металлический натрий, был Г. Дэви, выделивший новый металл с помощью электролиза. Он же предложил название новому элементу — sodium.

Натрий — очень активный металл, он быстро окисляется на воздухе, покрываясь толстой коркой продуктов реакций с кислородом и водяными парами. Известен лекционный опыт: если маленький кусочек натрия бросить в воду, он начнет реагировать с ней, выделяя водород. В реакции выделяется много теплоты, которая расплавляет натрий, и его шарик бегает по поверхности. Вода охлаждает натрий и не дает водороду вспыхнуть, но если кусок натрия будет большим, возможно возгорание и даже взрыв.

Металлический натрий широко применяется для различных синтезов как восстановитель, а также как осушитель неводных жидкостей. Он присутствует в обладающих высокой емкостью натриево-серных аккумуляторах. Легкоплавкий сплав натрия с калием, жидкий при комнатной температуре, работает теплоносителем, отводящим избыточную тепловую энергию от ядерных реакторов. Всем известен желтый цвет пламени в присутствии натрия: именно так окрашивается пламя газовой конфорки, если в него попадет мельчайшая капля соленого супа. Пары натрия светятся желтым светом в экономичных газоразрядных лампах, освещающих улицы.

Добыча соли в Марлборо в Новой Зеландии.



Многие столетия соль была единственным средством консервации пищевых продуктов. Без поваренной соли были бы невозможны дальние морские плавания, кругосветные экспедиции и великие географические открытия. История России знает грандиозное восстание, получившее название Соляной бунт, которое началось в 1648 г. и прокатилось по всей стране. Одна из причин восстания — повышение налога на соль.

Когда-то натрий получали сотнями тысяч тонн в год: его использовали для получения тетраэтилсвинца, повышающего октановое число бензина. Запрет на этилированный бензин во многих странах привел к снижению производства натрия. Сейчас мировое производство натрия — около 100 тысяч тонн в год.

**НАТРИЙ (В ВИДЕ СОЛИ) В ОГРОМНЫХ КОЛИЧЕСТВАХ НАХОДИТСЯ** В МОРСКОЙ ВОДЕ, В СОЛЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ.

Минерал галит (хлорид натрия) образует громадные залежи каменной соли. Только в России ее запасы исчисляются десятками миллиардов тонн. Галит обычно содержит до 8% других солей, в основном магния и кальция. Ежегодно добывается более 280 млн тонн хлорида натрия, это одно из самых крупномасштабных производств. Когда-то в больших количествах добывали в Чили нитрат натрия, отсюда его название — чилийская селитра.

Применение находят и другие соли натрия, которых в настоящее время известно множество. Одна из самых известных — сульфат натрия. Если эта соль содержит воду, она называется глауберовой. Огромные ее количества образуются при испарении воды в заливе Кара-Богаз-Гол Каспийского моря (Туркмения), а также в некоторых соляных озерах. В настоящее время растворы сульфата натрия используются в качестве аккумулятора тепла в устройствах, сохраняющих солнечную энергию, в производстве стекла, бумаги, тканей.



Натрий — жизненно важный элемент. Ионы натрия находятся в основном во внеклеточной жидкости и участвуют в механизме мышечных сокращений (недостаток натрия вызывает судороги), в поддержании водно-солевого (ионы натрия задерживают воду в организме) и кислотно-щелочного баланса (поддержание постоянного значении pH крови). Из хлорида натрия в желудке вырабатывается соляная кислота, без которой невозможно переваривание пищи. Содержание натрия в теле среднего человека — около 100 г. Натрий поступает в организм в основном в виде поваренной соли, ее суточная доза составляет 3—6 г. Однократная доза более 30 г опасна для жизни.

19
K
КАЛИЙ
39,10

# Калий

| | |
|---|---|
| **Кларк, г/т** | 20900 |
| **Плотность, г/см³** | 0,86 |
| **t плавления, °C** | 63,4 |

По-арабски al-qili — зола, а также нечто прокаленное. Так же стали называть продукт, получаемый из золы растений, т. е. карбонат калия. В золе подсолнечника калия больше 30%. Без арабского артикля это слово в русском языке превратилось в «калий». Кроме русского языка и латыни (kalium), этот термин сохранился во многих европейских языках: немецком, голландском, датском, норвежском, шведском (с латинским окончанием -um), в греческом (κάλιο), а также в ряде славянских языков: сербском (калијум), македонском (калиум), словенском (kalij).

Калий — один из самых распространенных элементов в земной коре. Основные его минералы — сильвин (хлорид калия), сильвинит (смешанный хлорид калия и натрия) и карналлит (смешанный хлорид калия и магния). Сильвин, а также и нитрат калия (калийная, она же индийская селитра) в огромных количествах используются как калийные удобрения. Вместе с азотом и фосфором калий — один из трех важнейших для питания растений элементов.



Сильвин — один из основных минералов калия (наряду с сильвинитом и карналлитом).

Английское название элемента (potassium), как и русское название карбоната калия (поташ), заимствовано из языков германской группы; в английском, немецком и голландском ash — зола, pot — горшок, т. е. поташ — это «зола из горшка». Раньше карбонат калия получали, выпаривая в чанах вытяжку из золы; ее использовали для получения мыла. Калиевое мыло, в отличие от натриевого, жидкое. От арабского названия золы произошло название щелочи во многих европейских языках: англ. и голл. alkali, нем. Alkali, франц. и итал. alcali и т.п. Тот же корень присутствует в слове «алкалоиды» (то есть «подобные щелочи»).

Калий был первым элементом, который открыл Г. Дэви (он впервые получил также литий, барий, кальций, стронций, магний и бор). Дэви подверг электролизу влажный кусок гидроксида калия. При этом на его поверхности, по словам Дэви, «появлялись маленькие шарики с сильным металлическим блеском, внешне не отличавшиеся от ртути. Некоторые из них сейчас же после своего образования сгорали со взрывом и с появлением яркого пламени, другие же не сгорали, а только тускнели, и поверхность их покрывалась белой пленкой». Калий — очень активный металл. Его маленький кусочек, внесенный в воду, взрывается.

Калий — важный биоэлемент, в организме человека содержится от 160 до 250 г калия, больше, чем натрия. Ионы калия участвуют в прохождении нервных импульсов. Много калия содержат фрукты и овощи.



Много калия содержится в орехах, бананах, авокадо.

Гидроксид калия используется для получения мыла. Он служит электролитом в щелочных аккумуляторах — железо-никелевых, никель-металлогидридных. Раньше нитрат калия (калиевая селитра) в огромных количествах расходовался для производства черного пороха; сейчас он используется как удобрение.

Природный калий содержит 0,0117% долгоживущего радионуклида $^{40}K$ с периодом полураспада 1,26 млрд лет. Этим объясняется тот факт, что калий-40 «дожил» до нашего времени с момента его синтеза в ядерных реакциях в звездах. Однако с момента образования Земли 4,5 млрд лет назад содержание $^{40}K$ на планете из-за его распада снизилось в 12,5 раз! В теле человека массой 70 кг содержится примерно 20 мг $^{40}K$, или $3 \cdot 10^{20}$ атомов, из которых каждую секунду распадается более 5000 атомов! Не исключено, что такое «внутреннее» облучение (усиленное распадом углерода-14) было одной из причин мутаций в ходе эволюции живой природы. Мировое производство металлического калия невелико: около 200 тонн в год.

# Рубидий и цезий

37
**Rb**
**РУБИДИЙ**
85,47

| | |
|---|---|
| **Кларк, г/т** | 90 |
| **Плотность, г/см³** | 1,63 |
| **t плавления, °C** | 39,5 |

55
**Cs**
**ЦЕЗИЙ**
132,91

| | |
|---|---|
| **Кларк, г/т** | 3 |
| **Плотность, г/см³** | 1,87 |
| **t плавления, °C** | 28,4 |

Рубидий и цезий — первые химические элементы, открытые с помощью спектрального анализа. Этот метод разработали немецкие ученые и друзья — физик Густав Роберт Кирхгоф (1824—1887) и химик Роберт Вильгельм Бунзен (1811—1899), работавшие в Гейдельбергском университете. С помощью этого исключительно чувствительного метода они анализировали все попадавшиеся им вещества в надежде найти что-то новое. И в начале 1860-х гг. открыли два новых элемента. Это произошло, когда анализу подвергли сухой остаток, полученный выпариванием воды из минеральных источников курорта Бад-Дюркхайм, в 30 км от Гейдельберга. В спектре этого вещества, помимо уже известных им линий натрия, калия и лития, Кирхгоф и Бунзен заметили две слабые голубые линии. Они поняли, что эти линии принадлежат неизвестному химическому элементу, который присутствует в воде в очень малых количествах. По свету спектральных линий новый элемент назвали цезием: на латыни caesius — голубой.

Продолжив исследования, Кирхгоф и Бунзен обнаружили в присланном им из Саксонии алюмосиликатном минерале лепидолите (литиевой слюде) еще один элемент, в спектре которого выделялись темно-красные линии. Его назвали рубидием: от лат. rubidus — красный. Этот же элемент был обнаружен в минеральной воде, откуда химику Бунзену удалось его выделить. Достойно упоминания, что для получения нескольких граммов соли рубидия пришлось переработать 44 тонны минеральной воды и свыше 180 кг лепидолита.

И как в конце XIX века в не менее титанической работе по выделению соли радия «компасом» для Марии Кюри служила радиоактивность, аналогичным «компасом» для Кирхгофа и Бунзена был спектроскоп.

Рубидий и цезий — типичные щелочные металлы. Это подтвердилось, когда химик Бунзен восстановлением соли рубидия получил этот элемент в виде металла. Более активный цезий удалось получить в чистом виде только в 1881 г. шведскому химику Карлу Теодору Сеттербергу (1853—1941) путем электролиза рас-



Кристаллы цезия можно хранить в запаянной ампуле.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3
ВОДОРОД ..... 22
МЕТАЛЛЫ ..... 27
ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ ..... 31
ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ..... 42
ГРУППА СКАНДИЯ ..... 56
ЛАНТАН И ЛАНТАНОИДЫ ..... 60
АКТИНИЙ И АКТИНОИДЫ ..... 72
ГРУППА ТИТАНА ..... 80
ГРУППА ВАНАДИЯ ..... 86
ГРУППА ХРОМА ..... 91
ГРУППА МАРГАНЦА ..... 98
ТРИАДА ЖЕЛЕЗО — КОБАЛЬТ — НИКЕЛЬ ..... 105
ТРИАДА РУТЕНИЙ — РОДИЙ — ПАЛЛАДИЙ ..... 115
ТРИАДА ОСМИЙ — ИРИДИЙ — ПЛАТИНА ..... 121
ГРУППА МЕДИ ..... 130
ГРУППА ЦИНКА ..... 138
ГРУППА БОРА ..... 148
ГРУППА УГЛЕРОДА ..... 156
ГРУППА АЗОТА ..... 168
ГРУППА КИСЛОРОДА ..... 178
КИСЛОРОД ..... 178
ГАЛОГЕНЫ ..... 192
БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ ..... 202
ТРАНСУРАНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ..... 214