



Огонь без спичек и зажигалок

И.А.Леенсон

О владение огнем немало способствовало тому, чтобы вид человек прямоходящий (*Homo erectus*, которого прежде называли питекантропом или синантропом) сменился видом человек разумный (*Homo sapiens*). Вероятно, огнепоклонники — первые религиозные люди на Земле. В Индии в древнейших гимнах «Ригведы» воспевается Агни — бог огня, домашнего очага и жертвенного костра. По числу упоминаний в «Ригведе» Агни занимает второе место после Индры, главы всех богов. Именно от древнего индоевропейского корня произошли и латинское *ignis*, и наше «огонь»; этот корень в том или ином виде есть во всех славянских языках, и не только в них

(по-литовски огонь — *ugnis*, по-латышски — *uguns*, да и по-английски *igneous* — огненный).

Первый использованный человеком огонь был нерукотворным: его зажгла молния или раскаленная вулканическая лава. Вначале вид огня должен был вызывать панический ужас у всего живого. «Красным цветком... называли огонь, — пишет Редьярд Киплинг в «Книге джунглей», — потому что ни один зверь в джунглях не назовет огонь его настоящим именем. Все звери смертельно боятся огня». Человек, в отличие от зверей, сумел преодолеть страх и приручил огонь. Многие мифы связывали овладение огнем с древними героями, похитившими его с неба. Самый известный из них — миф о Прометее. И так как вспыхнувшее от удара молнии дере-

во — явление очень редкое, сохранение огня было важнейшим ритуалом. Ведь его потеря, особенно в холодное время, была почти равноценна потере жизни. Отсюда многие древние и современные ритуалы: жрецы в храмах поддерживали неугасимый огонь, в память о погибших горит Вечный огонь, перед очередными Олимпийскими играми из Греции несут олимпийский огонь.

Искусственное добывание огня было насущной потребностью первобытного человека. Со школы мы знаем, что в древности люди добывали огонь трением. Но мало кто пытался воспроизвести это нехитрое на первый взгляд действие. А из тех, кто из любопытства все же пытался, мало кому удавалось разжечь костер без спичек и без зажигалки. Тут нужны и специальные материалы, и особая сноровка и умение.

Просто тереть друг о друга даже твердые и сухие дощечки — занятие бесполезное. Как сообщает Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона (т. XXI^а, с. 704), способов добывания огня трением существует три: сверление, пиление и проведение борозды. И далее: «Сверление, в свою очередь, производится: а) непосредственно руками; берется узкая дощечка сухого дерева, кладется на землю, на нее становится коленями человек и упирает в нее сухую круглую деревянную же палочку; предварительно в дощечке делается небольшая (неглубокая) ямка, соответствующая диаметру палочки, и от этой ямки проводится к боковому краю дощечки небольшая бороздка, по которой могли бы выдавливаться образуемые сверлением древесные опилки; вставив в упомянутую ямку палочку, человек вращает ее между ладонями, стараясь в то же время ее нажимать; ладони его при этом спускаются постепенно по палочке вниз и приходится их несколько раз быстро вскидывать к верхнему концу, но так, чтобы воздух не успевал попасть под нижний конец палочки. После непрерывного вращения в течение некоторого времени, древесная пыль нагревается и, наконец, воспламеняется, причем нужно иметь наготове уголь и трут для принятия огня, который затем раздувается. Скорое добывание огня этим способом требует ловкости и сноровки; он употребителен у эскимосов Лабрадора, у индейцев острова Ванкувера, у бушменов и других племен Африки, а также был в ходу в Японии, на Мадагаскаре и в других странах».

Далее автор статьи, профессор Московского университета по кафедре географии и этнографии Дмитрий Николаевич Анучин (статья подписана его инициалами Д.А.), приводит в пунктах б) и

в) различные варианты описанного выше способа, отличающиеся тем, что на палочку сверху давит груз, а сама она вращается не ладонями, а веревкой, обернутой вокруг палочки. Веревка может привязываться к своеобразному луку, как тетива. Такой способ значительно облегчает работу, но он все равно не для новичка. Ведь нужно выбрать подходящее дерево, а главное — суметь раздуть огонь.

Со временем примитивный способ добывания огня при помощи палочки сменился более производительным. В дело пошли кремь, кресало и трут. Кремь — это природный минерал пирит (от греч. *pyr* — огонь), кубическая модификация дисульфида железа FeS_2 , золотисто-желтые кристаллы с металлическим блеском; их плотность $5,03 \text{ г/см}^3$. (Следует иметь в виду, что в обиходе слово «кремь» может означать также кварцевый минерал халцедон. Для любителей украшений интересна другая, ромбическая модификация дисульфида железа с плотностью $4,87 \text{ г/см}^3$. Это минерал марказит.) В раннее Средневековье немецкие рудокопы заметили, что при ударе стальной кирки о сухой пирит этот минерал крошится и одновременно от места удара рассыпается целый сноп ярко-желтых искр. Это свойство и стали использовать в приспособлении для добывания огня — огниве, которое хорошо известно по сказке Андерсена. Куском кремня ударяли по кресалу — полоске очень твердой стали с мелкой насечкой. При этом из кремня вылетали мелкие частицы, которые тут же воспламенялись на воздухе (похожее явление происходит, когда к быстро вращающемуся точно камню прижимают стальной предмет). Химия здесь та же, что и при обжиге пирита; этот процесс применяют в промышленности и изучают в школе на уроках химии, а на вступительных экзаменах преподаватели часто просят абитуриента написать соответствующее уравнение и подобрать к нему коэффициенты: $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$.

Но получить хорошие искры — это еще не все. Не так-то легко разжечь костер, даже если у вас есть мотор с точильным камнем и нож из самой лучшей стали. Для получения настоящего огня нужен еще один посредник — трут. Это материал, часто волокнистый, который начинает тлеть при попадании на него горячих искр. Трутом может служить хлопок, высушенный мох, льняные волокна, а кроме того, так называемые трутовые грибы, которые в виде наростов встречаются на дубе или ясене. После вываривания этих грибов в воде



с золой полученную массу пропитывали раствором селитры. Селитра как сильный окислитель способствует тому, что трут легко загорается (вернее, начинает тлеть) от малейшей искры. При раздувании тлеющий трут может поджечь сухую лучину. Такой способ добывания огня использовался в течение многих столетий — в Европе вплоть до середины XIX века.

И вот фирма «Экспедиция» предложила нам «Брусок для добычи огня», разработанный немецкой компанией «Ruyan GmbH» (GmbH в переводе с немецкого — это наше ООО). Вот что сказано в описании изделия:

«Магние́вый брусок для добычи огня — современное приспособление, помогающее легко развести огонь даже в дождливую или ветреную погоду. Все, что для этого нужно, брусок и нож. Из черного стержня бруска (огнива) высекаются искры (температура искры 3000°C).

Настрогайте ножом немного магниевой стружки и высекайте искры — они мгновенно подожгут стружку. Загоревшаяся стружка обеспечит дальнейшее разведение огня. Легкий магниевый брусок удобно брать с собой. Он всегда пригодится на пикнике и в походе. С помощью цепочки брусок можно прикрепить к поясу или рюкзаку.

Как использовать

1. Настрогайте ножом магниевую стружку из бруска со стороны, противоположной черному стрежню — огниву. Лезвие ножа лучше держать перпендикулярно бруску.
2. Соберите магниевую стружку в небольшую кучку и добавьте любой трут (бумагу, листья, маленькие веточки, кору и т. п.).
3. Разместите огниво на расстоянии около 2 — 3 см от стружки под углом примерно 45° , поставив угол огнива на землю. Резко проведите ножом по всей длине огнива. Для достижения максимального эффекта держите лезвие

ножа перпендикулярно огниву. Полученные искры мгновенно подожгут магниевую стружку, а затем и трут».

Из чего же сделан черный стержень? Прежде всего черный он только снаружи; если его поскрести или почистить наждачной бумагой, черный слой исчезает и стержень приобретает металлический блеск. Правда, через несколько дней блеск исчезает и стержень опять темнеет. Черный стержень легко отделить от магниевых бруска: он приклеен к желобку в бруске. Клей типа «Момент», оторвать стержень нетрудно, как и очистить его от остатков клея. Для возможной идентификации нужно было измерить его плотность, она оказалась около $6,5 \text{ г/см}^3$. Это довольно близко к плотности таких пирофорных металлов, как церий ($6,66 \text{ г/см}^3$) и лантан ($6,19 \text{ г/см}^3$). Однако чистые металлы и дороги, и свойства их для изготовления «огнива» не подходят. Так, компактный церий на воздухе окисляется за несколько суток, причем кусок металла рассыпается, образуя серый порошок гидратированных карбонатов (в реакции принимают участие кислород воздуха, водяные пары и углекислый газ). Лантан также в присутствии водяных паров довольно быстро окисляется на воздухе, образуя гидратированный оксикарбонат. Так что очевидно, что стержень изготовлен из сплава. Известно, что сплавы часто значительно менее активны, чем их компоненты. На роль такого сплава годится, например, ферроцерий — сплав 10% железа и 90% редкоземельных элементов, в основном церия и лантана, а также магния. Этот сплав (иногда его называют мишметаллом, от немецкого *mischen* — смешивать) широко используется в металлургии для улучшения свойств сталей. А тонкая черная пленка на поверхности стержня — это оксиды, в основном железа. Мишметалл, содержащий железо, окисляется намного медленнее. Так, в коллекции химического факультета МГУ имеется старая стеклянная склянка с притертой крышкой, в которой за несколько десятков лет большой кусок ферроцерия наполовину рассыпался с образованием серого порошка на дне. Но из оставшегося металла можно высекать искры не хуже, чем из «экспедиционного» стержня.



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Стержень оказался хрупким, от него легко можно отколоть небольшой кусочек. Он медленно реагирует уже с холодной водой с выделением мелких пузырьков водорода, с горячей водой реакция ускоряется. При добавлении соляной кислоты происходит бурная реакция, и уже через пару минут от металла остается немного черных хлопьев — очевидно, это углерод. Бесцветный раствор со временем становится бледно-зеленым, а на следующий день — желтым, очевидно, из-за окисления кислородом воздуха. После испарения значительной части воды получился темно-коричневый раствор, на дне которого были бесцветные кристаллы. Как известно, хлориды трехвалентных церия и лантана бесцветны.

Другой результат получается, если к раствору вначале добавлять по каплям аммиак. Сразу же выпадает белый осадок, зеленеющий, а потом чернеющий на воздухе. Раствор же приобретает желтый оттенок. Это можно объяснить выпадением гидроксида железа(II), быстро окисляющегося на воздухе, и белого гидроксида церия $\text{Ce}(\text{OH})_3$. Почему выпадает гидроксид железа, понятно: его в сплаве много. А почему именно церий? Потому что его в сплаве должно быть больше всех остальных РЗЭ. Если содержания церия в земной коре принять за 100, то остальных окажется: La — 41, Pr — 13, Nd — 53, Sm — 11, Eu — 2, Gd — 11, Nb — 6, Dy — 7, Ho — 2,5, Er — 5, Tm — 0,5, Yb — 5, Lu — 1.

При избытке аммиака смесь стала черной и загустела. Но после добавления соляной кислоты образовался желто-оранжевый раствор; после его испарения при комнатной температуре образовались ярко-красные хорошо оформленные кристаллики и желтоватый порошок. В УФ-спектре кристалликов фиксируется широкая полоса с максимумом при 292,8 нм. Желтоватый порошок дает в спектре очень интенсивные узкие линии при 210, 220, 238 и 253 нм. Такие линии в этой области дают ионы редкоземельных элементов, например Ce^{3+} .

Для уточнения состава стержня был проведен его рентгеноспектральный анализ. Он основан на облучении образца ускоренными электронами с регистрацией энергии характеристического рентгеновского излучения, испускаемого атомами в результате электронных переходов в них. Это позволяет быстро идентифицировать большинство химических элементов. При увеличении среза стержня в 400 раз видна неоднородная структура сплава. В нем присутствуют крупные частицы, содержащие 66,5% Fe, и 33,5% Ce. Между этими частицами состав сплава другой:



железа в нем на порядок меньше (6,6%), а остальное — лантан (51%), церий (35%) и небольшие примеси магния и некоторых других элементов (автор благодарит научных сотрудников химического факультета МГУ Светлану Ляшкевич и Алексея Гаршева за помощь в снятии спектров). Таким образом, предположение о том, что сплав — это ферроцерий, подтвердилось.

Остался нерешенным вопрос о природе красных кристаллов. Известно, что красный цвет имеют некоторые комплексные соединений $\text{Ce}(\text{IV})$, например $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$. При растворении этой соли в холодной концентрированной соляной кислоте образуется темно-красный раствор, содержащий H_2CeCl_6 . Красно-оранжевый цвет имеют и кристаллы аддукта с диоксаном состава $\text{H}_2\text{CeCl}_6 \cdot 4\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$. Так, может быть, при испарении раствора образовался гексахлороацетат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CeCl}_6$? Однако такое соединение в литературе не описано. В 1968 г. А.П.Баянов и Р.И.Славкина, работавшие на кафедре общей и аналитической химии Сибирского металлургического института в Новокузнецке (ныне Сибирский государственный индустриальный университет), путем насыщения спиртового раствора $\text{Ce}(\text{OH})_4$ раствором KSCl в концентрированной соляной кислоте синтезировали CsCeCl_6 в виде желтого порошка, который разлагался водой с выделением хлора и обесцвечиванием (публикация 1970 года). Так что нужно искать другое объяснение образованию вполне устойчивых красных кристаллов. Повторный эксперимент показал, что они образуются только при избытке ионов Fe^{3+} в растворе. Если почти нейтральный желто-оранжевый раствор, образовавшийся после растворения черного осадка в минимальном количестве HCl , оставить в теплом месте, из него в результате гидролиза выпадает некристаллический осадок

$\text{Fe}(\text{OH})_3$, раствор светлеет и после испарения воды из отфильтрованного раствора выпадают светло-коричневые, желтые или даже бесцветные кристаллы хлоридов церия и лантана. Таким образом, красные кристаллы — это, вероятно, просто хлориды церия и лантана, окрашенные ионами Fe^{3+} .

А можно ли отделить железо от редких земель? Проще всего это сделать с помощью щавелевой кислоты или ее солей. При добавлении к исходному солянокислому раствору щавелевой кислоты и оксалата натрия выпадает творожистый кристаллизующийся со временем осадок $\text{M}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M} = \text{Ce}, \text{La}$), практически не растворяющийся в воде. В то же время FeCl_3 переходит в раствор в виде ярко-зеленого комплексного оксалата $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$. Фотохимикам хорошо известен комплексный ферриоксалат калия, который используют в качестве актинометра для измерения интенсивности света: при освещении его раствора оксалат-ионы восстанавливают $\text{Fe}(\text{III})$ до $\text{Fe}(\text{II})$, а последний дает с орто-фенантролином ярко-красный комплекс; измерив его концентрацию, легко установить, сколько квантов света поглотилось раствором.

Основной же брусок, без сомнения, магниевый. Его плотность, определенная «по Архимеду», то есть взвешиванием на воздухе и в воде, почти не отличалась от плотности чистого магния (1,74 г/см³). Правда, с одним туристом произошла такая история. Испытывая купленное «огниво», он осторожно настругал с бруска небольшую горку и попытался ее зажечь, высекая искры. Горка не загоралась! В чем тут дело? Внимательный осмотр показал, что вид нового бруска сильно отличается от того, какой должен иметь чистый магний. Оказалось, что брусок покрыт тонким слоем сероватой пасты, поверх которой — еще один слой светлой краски (на эту краску нанесен логотип фирмы «Эк-

спедиция»). Если соскоблить краску и слой пасты, то откроется серебристая блестящая поверхность чистого металла. И загораются ее мелкие стружки прекрасно. Опыт показал, что, в отличие от магниевой стружки, которую трудно поджечь спичкой, одного сильного «чирка» на горку магния вполне хватает, чтобы ее зажечь. В походных условиях, если ножа нет, можно воспользоваться острым куском расколотого камня. Более того, можно вообще обойтись без магния и зажечь искрами кусок непроклеенной бумаги (например, туалетной) или ваты...

Сколько может служить брусок? Когда стержнем (для демонстрации коллегам) раз двадцать сильно чиркнули по крупнозернистой наждачной бумаге, так что каждый раз бумага буквально «вспыхивала» от множества искр, масса бруска уменьшилась всего на 46 мг. Значит, поджигать магний для костра можно будет много сотен (а то и тысяч)

раз: нож, которым следует пользоваться по инструкции, соскребает со стержня намного меньше, чем грубая шкурка. Сам же брусок весит более 40 г, и, даже когда он закончится, можно будет разводить костер без магния – как это люди делали в течение сотен тысяч лет.

В заключение следует сказать все же несколько слов о том, что физик может предложить получать огонь с помощью собирающей линзы, тогда как химик может добыть огонь, не используя ни линзу (она годится только в ясный солнечный день), ни трение, ни пирофоры, ни спички, ни зажигалку. Он положит в фарфоровую ступку несколько кристалликов перманганата калия, капнет на них серной кислотой и коснется зеленоватой жидкостью (она содержит Mn_2O_7) ватки, смоченной спиртом. Вата тут же загорится: марганцевый ангидрид – сильнейший окислитель, который немедленно воспламеняет спирт. Суммарное уравнение реакции: $C_2H_5OH +$

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

$2Mn_2O_7 = 4MnO_2 + 2CO_2 + 3H_2O$ (сначала спирт окислится до уксусного ангидрида: $3C_2H_5OH + 2Mn_2O_7 = 2MnO_2 + 3CH_3CHO + 3H_2O$, который потом сгорит). Грамотный химик легко предложит еще десяток аналогичных способов, например воспламенить скипидар концентрированной азотной кислотой, а смесь нескольких крупинок сахара и бертолетовой соли – каплей серной кислоты и т. п.



Организаторы:

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
Институт экономики и комплексных проблем связи ОАО «ЭККОС»

Российский фонд развития высоких технологий

Московская торгово-промышленная палата

Московская ассоциация предпринимателей

Министерство промышленности и науки Московской области

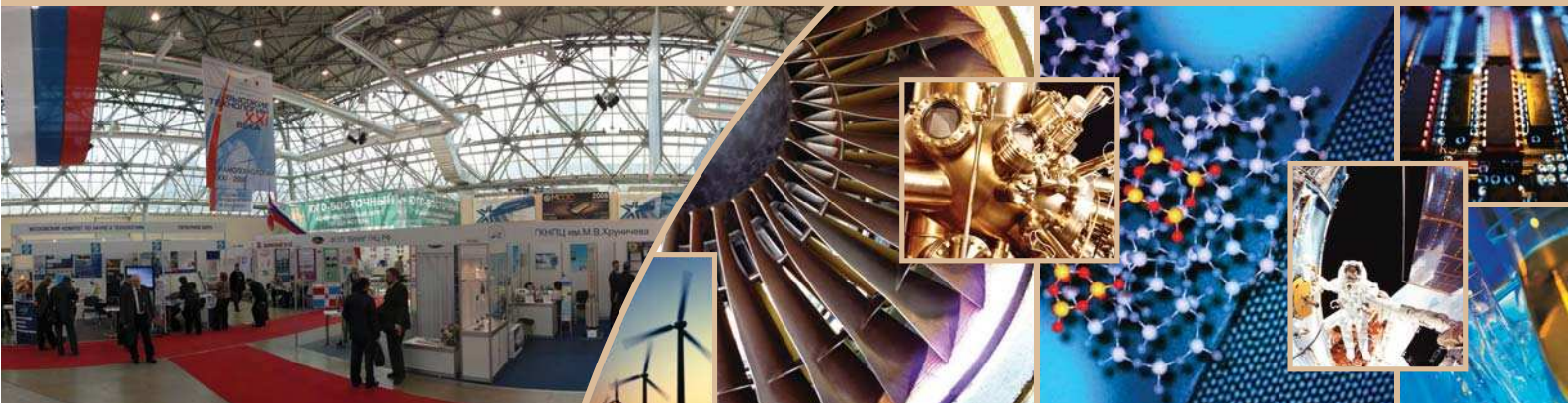
ЗАО «Экспоцентр»

Под патронатом Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

ТЕХНОЛОГИИ
ВТ XXI
высокие



21–24 апреля 2009 года
Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



10 ЮБИЛЕЙНЫЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ФОРУМ И ВЫСТАВКА
**ВЫСОКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**
HIGH
TECHNOLOGY OF
**XXI
ВЕКА**

Устроитель - ООО «ЭКСПО-ЭКОС»
тел.: + 7 (495) 332-35-95, 332-36-01, 331-23-33
e-mail: vt21@vt21.ru

Приглашаем принять участие в мероприятиях Форума:

■ 10-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА»

Тематика экспозиции:

нанотехнологии и новые материалы, биотехнологии и медицина, энергетика и экология, авиационно-космические технологии, телекоммуникационные системы, информационные технологии, радиоэлектроника, лазерные технологии, машиностроение

Выставочные салоны:

«Hi-Tech-МЕГАПОЛИС», «НАУКОГРАД», «ТЕХНОПАРК», «Hi-Tech-НАУКА»

Специализированные выставки:

«НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009», «ЭНЕРГИЯ XXI – 2009», «НЕОГЕОГРАФИЯ XXI – 2009»

■ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ – СТРАТЕГИЯ XXI ВЕКА»

■ КОНКУРСНАЯ ПРОГРАММА

■ БИЗНЕС-КЛУБ

■ ПРЕЗЕНТАЦИИ

www.vt21.ru