

Клаус Гофман. Можно ли сделать золото? Мошенники, обманщики и ученые в истории химических элементов



Klauf Hoffmann "KANN MAN GOLD MACHEN?"

GAUNER, GAUKLER UND GELEHRTE AUS DER GESCHICHTE DER CHEMISCHEN ELEMENTE

Urania- Verlag

Leipzig * Jena * Berlin

Перевод с немецкого канд. хим. наук Е. М. Маршак

Под редакцией докт. хим. наук Ю. Н. Кукушкина

Комментарии сделаны канд. хим. наук И. С. Дмитриевым.

Издание второе, стереотипное

Ленинград, "Химия", Ленинградское отделение, 1987

Глава

ОБМАНЧИВОЕ ЗОЛОТО АЛХИМИИ

Золотое сокровище в 17 миллионов

Золото. Никакой другой металл во всемирной истории не обладал столь магической притягательной силой! Мерцающий блеск золота возбуждал людскую алчность, манил вдаль бесчисленных искателей приключений и нередко являлся поводом кровавых захватнических войн. *Aurī sacra fames!* (Проклятая жажда золота!). Такими словами бичевали ненасытную алчность человечества к золоту еще древнеримские стихотворцы.

Причина притягательной силы золота - в его необычных свойствах: химической стойкости, высокой плотности, легкости обработки при изготовлении предметов украшения и культа. Очень давно золото стало символом вечно неизменного и ценного, стало "королем металлов". Еще задолго до начала нашего летоисчисления оно считалось мерилom ценности, универсальным средством обмена и расчетов. Обладание золотом было преимущественным правом немногих. Золото стало синонимом богатства и власти. Эту свою функцию оно сохранило до нашего времени. В мировом капиталистическом хозяйстве золото, как и прежде, играет преобладающую роль в качестве валютной основы.

Золото - это один из немногих элементов, который встречается в природе в виде самородков. Обычно оно в минимальных концентрациях рассеяно в твердой породе. В таблице распространенности химических элементов в земной коре золото занимает 77-е место, что является одной из причин его высокой стоимости.

Получать золото искусственно в любых количествах - это старая, хотя и наивная, мечта многих людей. Интересно, что проблема изготовления золота вновь и вновь занимала людей, вплоть до нашего времени. Чтобы это показать, достаточно обратиться в недавнее прошлое.

"Среди загадок естествознания ни одна не вызывала столько раздумий и споров в течение полутора тысячелетий, как искусство... которое называют алхимией". Когда профессор философии Карл Шмидер из Касселя в 1832 году писал это во введении к своему объемистому исследованию "История алхимии", он явно не мог скрыть удивления и даже почтения перед тайнами такого "искусства".

Профессор Шмидер собирал фактический материал с научной точностью. Ему хотелось представить исторический обзор алхимии, то есть искусства делать золото. Шмидер все время стремился отделить легенды от фактов и отличить научный обман от ненамеренного самообольщения. Однако, несмотря на твердое намерение развеять средневековые мистические представления об алхимии и оценить ее критически, автор в конце концов пришел к ошеломляющим утверждениям.

Существует химический препарат, с помощью которого металлы могут быть превращены в золото! Несмотря на сомнительные проделки многих обманщиков, все же имеется якобы достаточно доказательств, что из веществ, не содержащих золота, можно получить настоящее золото с помощью искусства алхимии. Для такой трансмутации (превращения) неблагородных металлов в золото использовали пресловутый философский камень, называемый также великим эликсиром или красной настойкой. Древние алхимики обладали этим удивительным веществом и умели его готовить. Шмидер сожалел, что рецептура, по-видимому, утрачена.

О философском камне рассказывали истинные чудеса: он должен был принести своему обладателю не только сверкающее золото и безграничное богатство, но и открыть тайну вечной молодости и долгой жизни. Эта чудесная жидкость является якобы панацеей от болезней и старческих недугов, эликсиром жизни. Шмидер констатировал, что с помощью искусства алхимии можно также получать чистое серебро из веществ, которые серебра не содержат. Для этого служил "камень второго порядка", он же малый эликсир, или белая настойка.

Истинными умельцами были, безусловно, лишь немногие,- заключал Шмидер в своей книге.- В конце концов обманщики, жулики, шарлатаны дискредитировали высокое искусство алхимии. Они рассчитывали легким путем достичь богатства. Сильно повредила алхимии жадность удельных князей, королей и императоров, которые, пользуясь своей всесильной властью, заставляли алхимиков служить их корыстным интересам.

Много путешествовавший Раймундус Лулус^[1] из Испании относился к тем истинным мудрецам-искусникам, по мнению Шмидера, которые обладали философским камнем. К началу XIV века английскому королю Эдуарду^[2] удалось заполучить себе на службу эту легендарную личность. Он смог привлечь Лулуса обещанием открыть кампанию против неверных - турков; в результате Лулус пошел на своего рода договор с английской короной: алхимик обязался изготовить 60 000 фунтов^[3] золота из ртути, олова и свинца, которое будет лучшего качества, чем золото из рудников. На это золото должны были быть снаряжены корабли и оплачены воины для священной войны против неверных.

Однако тайные планы Эдуарда были иными. После того как Лулус за короткое время действительно изготовил обещанное количество золота, король повелел чеканить из него золотые монеты со своим изображением и еретической надписью: "Эдуард, король Англии и Франции". Это были монеты вдвое тяжелее дукатов, на них было изображение воина и корабля. Эти золотые монеты говорили об истинных политических намерениях английского правителя - завоевать Францию и властвовать над объединенным англофранцузским государством. Такой план был ему гораздо больше по душе, чем рискованный крестовый поход против сынов Магомета.

Было бы весьма просто отнести это деяние алхимика Лулуса к области басен, чего поистине заслуживают многие алхимические истории. Однако те раймундовы нобли королевской чеканки можно и сейчас увидеть в музеях. Они изготовлены из золота высокой пробы и были выпущены, вероятно, в большом количестве, ибо многие расчеты проводились этой монетой. Это тем более поразительно, свидетельствуют историки, что Англия в те

времена практически не вела морской торговли и не обладала ни колониями, ни золотыми рудниками, а товары Ганзы^[4] обычно оплачивала оловом. Из каких же источников король Эдуард черпал золото, с помощью которого он, очевидно, смог покрыть издержки последовавшей за тем тридцатилетней войны с Францией?

В истории средних веков имеются и другие загадки такого рода. Например, не меньшую сенсацию произвели сокровища, которые оставил император Рудольф II^[5] после своей смерти в 1612 году. В его наследстве совершенно неожиданно обнаружили в виде слитков 84 центнера золота и 60 центнеров серебра. Таинственную жидкость, находившуюся там же, сочли изготовленной из философского камня. Рудольф II, который с 1576 года в качестве германского императора имел резиденцию в Праге, славился как большой приверженец тайных наук. В те времена при его дворе пестрой чередой толпились астрологи, предсказатели, ясновидцы и ... алхимики. Поэтому для многих казалось несомненным, что оставшееся золото и серебро имеют алхимическое происхождение.

Рудольф II нашел многочисленных последователей при немецких княжеских дворах. Одним из них был саксонский курфюрст Август, который собственной персоной проводил в лаборатории опыты с философским камнем и, как говорили, успешно. Его лабораторию народ называл не иначе как золотым домом. Она была оборудована им самим в резидентском городе Дрездене, где на него работал также профессиональный алхимик Шверцер. Курфюрст Август писал в 1577 году итальянскому алхимику: "Я уже настолько вошел в курс дела, что могу из восьми унций серебра сделать три унции полновесного золота"^[6].

Август оставил золотое сокровище в 17 миллионов талеров, сумму по тем временам значительную. Весь мир считал, что курфюрст нашел рецепт превращения металлов. Узнать эту тайну весьма стремились его преемники, в том числе Август II^[7], названный Сильным. В качестве курфюрста Саксонии и короля Польши в 1701 году в известном государственном споре с прусским королем Фридрихом I^[8] Август II отнял у него алхимика Иоганна Бетгера. Последнего держали пленником в Дрездене, а позже в крепости Кенигштейн, пока он не получил нечто, что немецкие князья в то время ценили на вес золота. Это был фарфор. Будучи назначенным директором фарфоровой мануфактуры в Мейсене, основанной в 1710 году, Бетгер остался, видимо, верен своим склонностям к алхимии. В дрезденской государственной коллекции фарфора и поныне хранится королек чистого золота весом около 170 г, который Бетгер получил в 1713 году якобы путем алхимических манипуляций.

Ошеломляющие эксперименты

Большим покровителем всех алхимиков считался император Леопольд I^[9], правивший с 1658 по 1705 год. При его дворе алхимики проделывали сенсационные превращения, которым в свое время все поражались. Ученые еще недавно ломали над ними головы. Самое волнующее алхимическое приключение связано с именем августинского монаха Венцеля Зейлера. Вот его история.

В 1675 году молва о веселой жизни алхимиков при венском дворе привлекла этого монаха в резиденцию императора. Жизнь в монастыре, в Праге, наскучила ему. Зейлер сам собирался служить алхимии. У одного собрата он похитил красный порошок, полагая, что это и есть таинственный философский камень.

Император Леопольд I благожелательно выслушал все, что ему смог поведать монах. Будучи покровителем всех странствующих умельцев, он приютил также и Зейлера. Монах должен был показать свое искусство в секретной лаборатории императора. Это был мрачный подвал с узкими окнами, которые лишь скудно пропускали дневной свет. Дополнительным освещением служили факелы на стенах. Их мерцающий свет, скользящий вдоль холодных стен, придавал обстановке что-то зловещее. Зейлер должен был призвать все свое самообладание, чтобы казаться внешне хладнокровным. Он сознавал, что от предстоявшего эксперимента зависела не только его карьера при дворе, но и сама жизнь. Суд над обманщиками был обычно краток. Немало из них заканчивали свою жизнь на виселице, окрашенной сусальным золотом^[10].

Зейлер сообщил, что он частично "окрасит", то есть превратит, медный сосуд в золото. "Ну, что же, начинайте!" - приказал правитель резко, однако вполне милостиво.

Монах начал церемонию, сопровождая ее театральными жестами и таинственными, почти непонятными словами. Однако Леопольд I, хорошо знакомый с такими кабалистическими фокусами, нетерпеливо прервал: "Действуйте, наконец!"

Слуга держал наготове медную чашу, чтобы по знаку Зейлера поместить ее на огонь. Когда она раскалилась докрасна, мастер высыпал на нее щепотку чудодейственного красного порошка. Бормоча какие-то заклинания - от этого он никак не мог отказаться, Зейлер повертел медный сосуд несколько раз в воздухе и наконец погрузил его в приготовленный чан с холодной водой. Чудо произошло! Повсюду, где философский камень соприкасался с медью чаши, виднелся знакомый блеск золота.

Монах с облегчением повернулся к стоявшему поодаль тиглю с клокодавшей ртутью. Зейлер приказал подручному усилить огонь, ибо, как он с воодушевлением объявил, теперь он хотел окрасить ртути^[11] до золота! Для этой цели он часть красного порошка облепил воском и бросил в кипящую жидкость. Повалил густой, едкий дым, который вынудил всех любопытных, подошедших слишком близко к огню, закашляться и отвернуться... Почти мгновенно сильное бурление в тигле прекратилось. Расплав затвердел. Зейлер заставил слугу, поддерживавшего огонь, работать еще усерднее. Шипение воздуховки было единственным звуком, который в течение нескольких минут нарушал благоговейную тишину. Император Леопольд и избранные придворные смотрели, как замороженные, в пламя углей, грозившее, казалось, поглотить тигель. Однако монах заявил, что огонь еще недостаточно силен. Уверенным движением он бросил несколько углей в расплав. Они сгорели сверкающим пламенем. Когда Зейлер приказал слуге перелить жидкий расплав в плоскую чашу, стало видно, что содержимое значительно уменьшилось. Вновь произошло нечто чудесное. Застывающий металл сверкал светлым блеском золота, ярко отражая свет факелов. Император кивнул, чтобы пробу золота отнесли к золотых дел мастеру, который ожидал в соседнем помещении.

Понаблюдаем за его работой... Сначала золотых дел мастер испытующе взвесил королек металла на ладони. Затем несколько раз провел кусочком золота крестообразно по полированному кремню, так называемому пробному камню. На темной матовой поверхности золото Зейлера оставило тонкий след. Опытные специалисты могут лишь на основании окраски и вида этого штриха сделать выводы о содержании золота. Наш ювелир смочил штрихи азотной кислотой. Золото на пробном камне не изменилось. Другие металлы растворились бы в азотной кислоте.

Такую пробу, с помощью которой обычно определяют содержание золота, в те времена только начали применять. Позднее метод был усовершенствован. Для сравнения стали использовать пробирные штрихи с известным содержанием золота, как поступают и в настоящее время.

Император и придворные с нетерпением ожидали, каков будет приговор золотых дел мастера. Наконец был оглашен результат: ювелир заявил, что это чистейшее, высококаратное золото, с каким он когда-либо имел дело!

Леопольд не скупился на королевские похвалы. Зейлер также не скрывал своего торжества. Осмелев от успеха, он объявил еще один эксперимент: Зейлер хотел превратить в чистое золото олово, обычное олово. Эта смелая попытка также удалась. Император обратился к радостно возбужденному алхимику: "Представляйте нам, не колеблясь, дальнейшие доказательства вашего высокого искусства. Добывайте золото, а мы осыпем вас милостями!"

Из искусственного золота император Леопольд I повелел чеканить дукаты. С одной стороны на них - его изображение, с другой - надпись, помещенная вокруг даты 1675: "Я превращен из олова в золото могуществом порошка Венцеля Зейлера". Эти монеты состояли почти из чистого золота. Черта на пробном камне показывала чистоту большую, чем золото в 23 карата. Правда, критически настроенным современникам дукаты казались несколько легковесными.

С большой пышностью Зейлеру присвоили звание "королевского придворного химика", а в сентябре 1676 года произвели в рыцари. Кроме того, император Леопольд не без дальнего прицела назначил его обермейстером монетного двора Богемии. Вероятно, император рассчитывал, что благодаря ловкости Зейлера богемские оловянные копи вскоре будут приносить больше доходов, чем венгерские золотые рудники.

Известны и другие примеры монет, чеканенных якобы из трансмутированных металлов. Приверженцы алхимии охотно козыряли ими как неопровержимыми свидетельствами. Когда некий барон фон Хаос изготовил из трех фунтов ртути два с половиной фунта "золота", то из этого металла была чеканена памятная медаль^[12]. Надпись по-латыни на ней гласит: "Чудесное превращение, содеянное в Праге 16 января 1648 года в присутствии его королевского величества Фердинанда III".

Нельзя ни в коем случае причислить к алхимикам австрийского естествоиспытателя и экономиста Иоганна Иоахима Бехера^[13]. Однако он тоже верил в превращение металлов. В Музее истории искусств в Вене хранится медаль со следующей надписью: "В июле месяце 1675 года я, доктор И. И. Бехер, получил эту унцию чистейшего серебра из свинца путем алхимической трансмутации".

Существует еще одна золотая медаль, вес которой соответствует 16,5 дукатам, носящая следующую загадочную надпись: "Aurea progenis plumbo prognata parente". Это означает: "Золотой потомок свинцового родителя". На оборотной стороне читаем: "Химическое превращение Сатурна в Солнце, то есть свинца в золото, произведено в Инсбруке 31 декабря 1716 года при покровительстве его сиятельства пфальцграфа Карла Филиппа...".

Алхимики, их трюки и знаменитый философский камень

Еще и сегодня возникает вопрос: "Как выполнил Зейлер свой алхимический фокус?" В мрачные времена средневековья твердо верили в трансмутацию металлов. Как обстоит дело в наши просвещенные времена? В настоящее время, прежде всего, непонятно, почему императору Леопольду I, сведущему в алхимии, не удалось уличить монаха. Ведь трюки плутоватых алхимиков были уже тогда изучены досконально.

Много раз "золото" алхимиков оказывалось обманом - латунью, томпаком или бронзой. Еще Аристотель в IV веке до н. э. упоминал, что из меди при сплавлении ее с цинком или оловом образуются золотисто-желтые сплавы. Следовательно, уже в древности было известно, что "не все то золото, что блестит". Были также умельцы, которые получали "серебро" в виде серебристо-белого сплава добавлением к медному расплаву мышьяка; так, слишком упрощенно, понималось "искусство превращения" металлов: достаточно было, чтобы неблагородный металл приобрел лишь окраску желаемого благородного металла. В других случаях требовалась только ловкость фокусника, чтобы незаметно подбросить в расплав кусок благородного металла. Как именно осуществить это - зависело от фантазии умельца. Некоторые "мастера золотой кухни" предпочитали пользоваться "для перемешивания" расплава полой палочкой, внутри которой прятали несколько зерен золота, а отверстие закупоривали воском. Если палочка была деревянная, то нижняя, полая, ее часть полностью сгорала в расплаве. Таким изящным способом быстро уничтожалось вещественное доказательство, раньше, чем у кого-нибудь могло возникнуть подозрение и желание рассмотреть "волшебную палочку" поближе.

В своих экспериментах "золотых дел мастера" обнаруживали необычайную изворотливость. Они использовали тигли с двойным дном, из которых при накаливании выливалось золото, или угли с запаянным внутри золотом. Иногда успеху способствовала золотая пыль - ее вдвухали в расплав вместе с воздухом, накачиваемым воздуходувкой.

Однако в некоторых, почти безупречных, демонстрациях нельзя было сразу разгадать обман. Швейцарец Турнейсер, алхимик и чудо-доктор, которого переменчивая судьба гоняла по разным странам, однажды наполовину превратил железный гвоздь в золотой, и произошло это на глазах одного кардинала, засвидетельствовавшего письменно: "Турнейсер опустил раскаленный гвоздь в красную протраву, и опущенный конец превратился в золото.

Произошло это в Риме 20 ноября 1586 года". Гвоздь долгое время выставлялся для осмотра публике как доказательство истинного алхимического мастерства. Однако, когда в 1730 году путешествовавший по Италии Иоганн Кейслер заинтересовался этим раритетом, то не смог получить вразумительного ответа. "По-видимому, уже многие годы стыдятся показывать этот гвоздь, после того как было обнаружено, что это - обман и весь фокус заключается в незаметной пайке",- так написал Кейслер в своем отчете, опубликованном в 1740 году. Турнейсер обманул зрителей простым фокусом. С большим искусством он припаял к железному гвоздю золотое острие, которое покрыл соответствующей краской. В процессе алхимической операции окраска исчезла, и одураченные зрители увидели блеск золота.

При превращении ртути в золото, наиболее популярном в те времена, необходимо было выделить золото, "запрятанное" в ртути. В измельченном состоянии золото почти мгновенно растворяется в жидкой ртути, которая не меняет при этом своей характерной серебристой окраски. Известно, что такие амальгамы золота остаются жидкими вплоть до содержания его 10-12 % и выглядят, как чистая ртуть. Отогнуть жидкую ртуть - это детская игра для алхимиков. После испарения ртути в тигле оставалось чистое золото.

Следует отметить, что были также честные, убежденные алхимики, которые стали жертвой самообмана. Они твердо верили, что получили золото при переплавке больших количеств серебра, ртути, свинца или при переработке их руд. В силу скудости знаний по аналитической химии, они не ведали, что лишь обогащали то небольшое количество золота, которое уже присутствовало в металлах и рудах. Серебряные монеты, часто служившие для эксперимента, всегда содержали небольшое количество золота - если они были чеканки до 1830 года. Удаление следов золота из серебра для чеканки было невозможным по тогдашней технологии или просто слишком дорогостоящим делом.

Однако же, какую связь имеет все это со знаменитым философским камнем? Рецепт его сложного изготовления была описана в многочисленных алхимических трактатах и толстых фолиантах, но в такой форме, что никто, а часто и сам алхимик не мог ничего понять. Некоторые из этих "рецептов" составлены относительно ясно, как, например, пропись для изготовления философского камня в "Химическом своде" Базилиуса Валентиниуса^[14]. Если некоторые важнейшие данные в ней и зашифрованы алхимическими символами, то их разгадка все же довольно проста. Описывалось изготовление химическим путем кроваво-красной жидкости из ртутной руды путем растворения последней в царской водке; смесь в конце концов нагревали в течение нескольких месяцев в закрытом сосуде - и эликсир мудрости был готов.

Следует заметить, что в некоторых деталях все рецепты совпадают. Так, часто указывается, что философский камень представляет собой ярко-красное негигроскопичное вещество. При получении его из ртути и других составных частей вещество несколько раз изменяет свою окраску - от черной к белой, затем к желтой и наконец к красной. Профессор К. ван Ниевенбург из Нидерландов в 1963 году взял на себя труд повторить многочисленные операции алхимиков с помощью методов современной науки. В одном из опытов он действительно наблюдал описанные изменения окраски. После удаления всей ртути, введенной по прописям алхимиков, а также ее солей путем разложения при высоких температурах или возгонкой он получил очень красивое красное негигроскопичное вещество. Сверкающие призматические кристаллы были химически чистым хлорауратом серебра AgAuCl_4^* ^[15]. Возможно, что это соединение и было тем самым философским камнем, который в силу высокого содержания в нем золота (44 %) мог вызвать желаемое превращение, скажем, поверхностное золочение либо сплавление с неблагородными металлами. Конечно, с помощью этого соединения нельзя было наколдовать больше золота, чем оно само содержало.

Загадка золотого медальона

Сегодня уже нельзя установить, брал ли Венцель Зейлер вещество типа хлораурата или же он воспользовался каким-то изощренным фокусом, чтобы под критическим взором императора Леопольда I довести до желанной цели свои опыты по превращению металлов.

Однако Зейлер проделал еще один фокус, которому можно поражаться и сегодня и который не держат, стыдятся, взаперти, как гвоздь Турнейсера. В собрании медалей и монет Музея истории искусств в Вене хранится медальон весом более 7 кг. Его диаметр около 40 см, а по содержанию золота он соответствует 2055 старым австрийским дукатам. На художественном рельефе лицевой стороны видны портреты многочисленных предков императорского дома. Этот ряд начинается с короля франков Фарамунда (V век) и заканчивается Леопольдом I, который изображен вместе с супругой в центре медальона. На оборотной стороне надпись латыни сообщает, что в год 1677, в праздник святого Леопольда, Венцелем Зейлером был проведен "этот истинный опыт действительного и полного превращения металлов".

Вот такой сногшибательный фокус выдал бывший августинский монах! На глазах у императора, перед собравшимися придворными, представителями духовенства и знати Зейлер превратил описанный серебряный памятный медальон в золотой. Он опускал медальон примерно на три четверти в различные жидкости, которые, как многословно утверждал, приготовил из великого эликсира. После этого он досуха вытер медальон шерстяным платком. Когда эффектным жестом Зейлер убрал платок, все присутствующие были буквально ослеплены сияющим золотым блеском медальона.

Еще сегодня можно отчетливо увидеть ту границу, до которой алхимик опускал медальон в колдовскую жидкость: верхний, меньший, участок медали остался серебристым; нижняя часть имеет окраску золота и действительно является золотом, как это доказали опытные ювелиры, а также современные исследования.

Несмотря на такую удачную демонстрацию, карьера Зейлера как придворного химика быстро пришла к концу. Он должен был сознаться, что больше не может делать золото. Быть может, он истратил весь свой чудодейственный порошок. Историки считают, что алхимик обошелся Леопольду I в 20 000 гульденов. Зейлер оставил кучу долгов различным придворным и государственным служащим, слишком легко поверившим в его искусство. Леопольд I лишил незадачливого умельца всех его званий и отослал назад в монастырь. Однако Леопольд не возбудил против Зейлера судебного процесса, который, несомненно, закончился бы смертью на виселице: напротив, молчаливо оплатил все его долги.

Решающей причиной такого необычного поведения обманутого владыки был, возможно, тот самый золотой медальон, который уже в течение нескольких столетий поражает как доказательство истинного алхимического искусства. Ученые и специалисты делали все возможное, чтобы проникнуть в тайны такой явно удавшейся трансмутации. На медальоне в нескольких местах видны срезы. Там были взяты пробы для исследования. Анализы неуклонно подтверждали, что нижняя часть медальона состоит из золота. Правда, плотность этого золота была низковатой. Однако, что это доказывает? Ведь известно, что золото алхимиков всегда было несколько легче природного золота.

При ближайшем изучении медальона отпало подозрение, что он составлен из двух частей - золотой и серебряной. Как раз пришел на память фокус, с помощью которого польский алхимик Сендивогиус^[16] провел императора Фердинанда II, правившего с 1619 по 1637 год. В этом случае большая серебряная монета также была превращена в золотую, но только с одной стороны. Однако люди благоговели перед этим "чудом искусства" недолго, пока не обнаружили обман. Сендивогиус спаял золотую фольгу с серебряной пластиной и отдал ее в чеканку. Золотую часть он покрыл ртутью, в результате чего образовалась твердая серебристая амальгама, которую по внешнему виду нельзя было отличить от серебра. Подготовленную монету польский алхимик залил с одной стороны какой-то таинственной эссенцией, а затем сунул в пламя. Смоченная сторона монеты превратилась в золото, конечно, только на ту глубину, на которую могла "проникнуть" эссенция. В пламени ртуть улетучилась, осталось золото. Вот и вся тайна.

Попытались осторожно подержать на пламени медальон Зейлера, чтобы удалить ртуть, если она присутствовала, однако ничего не изменилось: верхняя часть монеты осталась серебряной, золото осталось золотом. Значит, чудо? Очень долго хранил медальон свою тайну. Дальнейшие испытания затруднялись тем, что его нельзя было разрушать ввиду исторической

ценности. Как же можно было узнать, из чего состоит медальон, если запрещено было брать пробы вещества, из которого он сделан? Прошло 250 лет, пока ученые наконец раскрыли тайну этого алхимического медальона, а также сущность "процесса" Зейлера по превращению элементов!

Средневековые алхимики одурачивали императоров, королей и князей. Позднее они также находили своих жертв в высших кругах. Даже гордые правители из рода Гогенцоллернов не смогли уберечься от их каверз. Истории известно, как Фридрих I обошелся с алхимиком Каэтано - с чисто прусской военной строгостью. Этот авантюрист ловко выманил из карманов владыки немало золота, однако сам не смог его получить. Прусский король в 1709 году приказал его повесить.

Этот случай должен был послужить поучительным примером для потомков королей. Однако последние продолжали бесславно попадаться на удочку обманчивого искусства странствующих алхимиков и поплатились большими суммами. Фридрих II, названный Великим, в конце концов вынужден был неохотно признать: "Алхимия - это род болезни: кажется, на какое-то время она излечена разумом, но вдруг вновь возвращается и поистине становится эпидемией...".

Однако это не могло служить оправданием, и нельзя было дальше предоставлять алхимикам свободу действий. Так решил последователь Фридриха II Фридрих-Вильгельм II. В период его правления были изданы законы, направленные на подавление алхимической "эпидемии". В параграфе 1402 всеобщего свода законов для прусских государств от 1791 года записано: "Люди, которые обманывают публику мошенническими действиями, как алхимики, изгонители духов, предсказатели, кладоискатели и т. п., помимо уплаты обычного штрафа за мошенничество, помещаются в каторжную тюрьму от 6 месяцев до 1 года и выставляются на площади". Теперь алхимики должны были опасаться строгости закона.

"Я сделал золото!"

"В XIX веке превращение металлов друг в друга будет широко использоваться. Каждый химик будет делать золото, даже кухонная посуда будет из серебра, из золота!"

Автор этих слов не был вдохновенным приверженцем искусства алхимии; это был химик, Кристоф Гиртаннер из Геттингена. Однако следует отдать ему должное. Гиртаннер считал еще более поразительным, чем искусство получать золото, превращение алмаза, самого твердого и прозрачного вещества, в мягкий и непрозрачный графит, а также превращение хрупкого железа в твердую сталь.

Высказывание Гиртаннера, которое было у многих на устах, относится к 1800 году, то есть к самому началу XIX века, обещавшему поистине стать "золотым". Однако эта часто повторявшаяся цитата не могла скрыть ни от кого того факта, что искусство алхимиков зашло в тупик. Благодаря промышленной революции естественные науки начали бурно развиваться, и вера в алхимию стала таять, как лед на весеннем солнце. Когда в начале "золотого" века в Германии собралось так называемое закрытое общество для того, чтобы вернуть прежний блеск потускневшему золоту алхимиков, такое событие было оценено историками как последняя вспышка алхимии. В статьях современников можно было часто встретить высказывания, что прошло время тех шарлатанов, которые поражали мир своими ошеломляющими опытами. Даже в кругах, далеких от науки, постепенно укрепилось убеждение, что металлы нельзя превратить ни в столь желанное золото, ни вообще в какой-либо другой элемент. Самые большие "умники" все же допускали, что может появиться поистине новый процесс получения золота.

Потому и были чрезвычайно поражены читатели лейпцигской "Иллюстрирте цейтунг", когда 9 декабря 1854 года в разделе "Открытия" появилось сообщение о получении золота искусственным путем. Француз по имени Теодор Тиффро, выпускник и препаратер Высшей промышленной школы в Нанте, только что выпустил брошюру, в которой он протрубил на весь мир следующую сенсацию: "Я нашел способ получения искусственного золота, я сделал золото!"

Вот описание его открытия.

Убежденный, что металлы являются сложными веществами, то есть соединениями, которые можно "сконструировать", Тиффро решил совершить научную поездку в классическую страну металлов - Мексику. Там, а также на золотых полях Калифорнии он хотел проверить свои теории.

Молодой препаратер начал путешествие в декабре 1842 года в возрасте 23 лет. Ему удалось бродить по незнакомой стране, не привлекая особого внимания, так как он выдавал себя за начинающего фотографа - только что был открыт процесс получения дагерротипов, как тогда их называли. В течение пяти лет он путешествовал по горным районам Мексики, опрашивал горнорабочих и слушал со слепым доверием поразительные рассказы у вечернего костра: металлы могут расти и сами по себе облагораживаться, чему способствует знойное мексиканское солнце. На золотых рудниках, как услышал Тиффро, вовсе не нужно сразу прокладывать штольни, ибо золото должно сначала "созреть". Через год на этом месте образуется сверкающее золото, возникшее из серебра, вот только тогда стоит начинать выработку.

У Тиффро сразу появилась навязчивая идея: такой процесс можно также проделать в лаборатории. И он начал вести лабораторные опыты вдали от родины. Тиффро растворял серебро в азотной кислоте. Для этого он брал природное серебро, чистое по внешнему виду, из рудников Гвадалахары. Либо, за неимением его, брал большие серебряные мексиканские монеты, которые превращал в опилки. Реакционную смесь Тиффро подвергал воздействию солнечных лучей в течение нескольких дней, порой недель. Эти опыты проводились в горняцком городе Гвадалахара, расположенном в горах в центре страны. Позднее Тиффро говорил, что при тамошнем сильном солнечном облучении успех был ему обеспечен. Никогда больше, вспоминал он с сожалением, у него не было столь благоприятных условий.

Что же открыл Тиффро? После неоднократных выпариваний и растворов в кислоте в конце концов обнаружили блески чистейшего золота. Если собрать их вместе, они, вероятно, составили бы несколько граммов. Для Тиффро это служило доказательством того, что серебро превратилось в золото под магическим воздействием солнечных лучей Мексики.

Тиффро побоялся сразу разглашать упомянутый тайный рецепт. Как все алхимики, француз сначала держал свое открытие в тайне. Поэтому в его брошюре нет ни словечка о новом процессе получения золота, якобы производящем революцию. Только к концу брошюры читатель мог понять, что, собственно, преследовал Тиффро: "Я обращаюсь к своим соотечественникам с ожиданием помощи, необходимой для окончания моего труда". Иными словами, подобно всем алхимикам, Тиффро нуждался в деньгах для воплощения в дело своего открытия. Он писал весьма недвусмысленно: "Не может быть, чтобы я был вынужден разделить судьбу тех многих изобретателей, которых презрело их отечество..."

В "Отчетах Парижской академии наук" за 1853 год имеется краткое упоминание о том, что 17 октября Тиффро сделал доклад о своем открытии. Уже в июне он передал брошюру Академии наук^[17], а с ней как вещественное доказательство несколько проб золота, полученного в Мексике. Были колебания, стоит ли публиковать более подробный отчет о докладе Тиффро в уважаемом журнале, который читали ученые всего мира. Комиссия, в которую вошел известный химик Тенар^[18], пришла к отрицательному решению. Представленное золото было, конечно, золотом. Однако ничто не доказывает, что оно получено искусственно, к тому же Тиффро в своей брошюре полностью умалчивает о процессе его получения. Очевидно, автор сам явился жертвой ошибки, и золото, имевшееся в виде следов, он сконцентрировал и выделил.

Такие доводы не доходили до сознания Тиффро. Он, напротив, настаивал на публичном опыте, который ему и разрешили провести в лаборатории парижского монетного двора. Все требовавшееся сырье и химикаты предоставлял государственный монетный двор, в том числе и химически чистое серебро. Вероятно, солнце над Францией светило недостаточно сильно. Во всяком случае испытание полностью провалилось. Не было обнаружено даже следов золота. После этого Тиффро решился на шаг, на который не пошел бы обычно ни один

изобретатель, а тем более алхимик. Он обнародовал свой "процесс" для того, чтобы тот смог послужить обществу. Самому заниматься производством золота у него уже не было сил. "У меня нет и главного для этого и всего прочего,- жаловался он в новом издании своей работы в 1854 году,- ни обеспеченного положения, ни свободы мыслей, ни возможности изучать сложные явления, происходящие при превращении металлов... Длительные опыты на ярком солнце ослабили мое зрение, утомительный труд подорвал мое здоровье, и я должен сознаться в своем бессилии, хотя твердо убежден, что стою на пороге больших успехов".

Спрос на его публикацию был исключительным. Его книжку буквально вырывали из рук. Вся Франция жаждала узнать, наконец, тайну получения золота. Последовало еще одно издание. Бестселлером стал и немецкий его перевод. Брошюра "Получение золота искусственным путем фактически доказано. Металлы являются не простыми веществами, а сложными" была издана в Берлине в 1855 году. Когда через 30 лет известный химик и историк химии Герман Копп^[19] собирал материал для своего обзора "Алхимия в старое и новое время", брошюры Тифффо он найти не смог. Не без сожаления Копп писал, что "ни одного экземпляра ее нельзя найти, даже у антикваров, даже по повышенным ценам".

Международные жулики

Жизнь не оправдала надежд, которые питал Тифффо при выпуске своей публикации. Он не нашел покровителя, поверившего в него и снабдившего его деньгами для пуска процесса "в большом масштабе". Однако у него появились последователи, которые тайно пошли тем же путем и начали фабриковать золото из серебра.

Солидное "предприятие" такого рода отражено в секретных актах частного придворного и государственного архивов австрийской монархии. Само собой разумеется, что этот факт стал известен лишь тогда, когда монархия рухнула. С опубликованием этих актов была разоблачена махинация императора Франца-Иосифа^[20] и его кабинета, которые с 1868 по 1870 годы привлекли к работе трех алхимиков, в этом отношении Франц-Иосиф показал себя истинным отпрыском Габсбургов и достойным последователем Рудольфа II и Леопольда I.

Три алхимика, явившиеся к императору, вероятно, показались ему посланцами неба. В 1866 году в результате войн с Пруссией и Италией австрийская монархия потеряла богатые провинции. Нужно было оплачивать значительные военные контрибуции. С государственными финансами дела обстояли плохо. К этому же грандиозные намерения габсбургского дома осесть в Латинской Америке потерпели фиаско в результате свержения австрийского короля Макса Мексиканского^[21] в 1867 году.

Три алхимика - испанец и два итальянца, один из которых якобы сражался до последнего на стороне короля Макса в Мексике - приехали в Вену, чтобы доверительно сообщить императору Францу-Иосифу, как можно превратить серебро в золото. Весьма красноречиво пытались они описать значение их эпохального открытия: Франц-Иосиф получил бы из их рук ни больше ни меньше, как ключ к мировому господству! Наверняка император не отвергнет эти предложения и не повторит ошибку Наполеона I, отклонившего в свое время изобретение парохода, с помощью которого англичане стали позднее властвовать над морями. Нет, Франц-Иосиф I не был Наполеоном I. Он хотел знать все детали. Алхимики сделали широкий жест - предложили провести пробный эксперимент. За открытие своих секретов они требовали всего лишь 40 миллионов гульденов: 5 миллионов в качестве первого взноса, остальное - в ценных бумагах, выплачиваемых в течение десяти лет.

Однако габсбургский дом стал разумнее, чем во времена Рудольфа II. Император назначил в качестве эксперта своего бывшего учителя, химика Шретера, дав ему должность директора Императорского монетного двора в Вене, и позволил алхимикам работать под его наблюдением в помещении монетного двора. Условия, поставленные профессором Шретером, были для трех авантюристов, прямо скажем, обескураживающими. Они должны были получить золото из полуфунта чистого серебра, предоставленного монетным двором, с добавками, придуманными самим Шретером, в сосудах и тиглях, принадлежащих последнему.

Несмотря на все, умельцам как-то удалось проделать старый трюк алхимиков и подбросить золото в расплав. Конечно, все полфунта серебра не превратились полностью в золото, однако в конце концов был обнаружен шарик вожделенного желтого металла размером с горошину. Такой результат ни разу больше не повторился за время их более чем двухлетней секретной работы на монетном дворе. Поэтому секретарь императора молчаливо приобщил этот кусочек к делу.

В эти годы снова заставил заговорить о себе месье Тиффро. Во Франции он неутомимо искал капиталиста, который взялся бы за производство золота. Однако времена для него не изменились к лучшему. Между тем все больше было вестей о непрестанных происках "конкурентов".

В 1860 году поступило сообщение из Лондона, что венгерский беженец Николаус Папафи завоевал расположение уважаемых слоев лондонского общества, предложив процесс для превращения таких неблагородных металлов, как свинец и висмут, в серебро. Его предприятие процветало столь успешно, что на лондонской Лиденхолл-стрит обосновалась фирма "Папафи, Барнетт, Кокс и К°". В одну туманную ночь Папафи исчез, оставив векселей на 10000 фунтов.

Другой международный жулик по имени Параф изменил тактику. В Нью-Йорке он выманил у ряда доверчивых людей большие деньги, суля получить золото. В Перу он сделал короткую, но головокружительную карьеру своим открытием, как превратить медь и медные руды в чистое серебро. Наконец, в 1877 году он "вынырнул" в Вальпараисо, где также нашел доверчивых пайщиков. Однако здесь его мошенничества закончились перед лицом закона.

В январе 1878 года корреспонденты писали, что аферы алхимика Парафа занимали общественность больше, чем все другие события. Объем его дела на предварительном расследовании превысил 600 страниц. Однако все еще не был найден ответ на вопрос: был ли Параф мошенником или его несправедливо держали под замком? Из своей камеры Параф делал мрачные предсказания; он сказал одному репортеру: "Если я получу свободу, то моя месть будет заключаться в том, чтобы, изготовляя золото, обесценить его и потрясти все денежные рынки".

Удивление - любимое дитя веры. Тиффро тоже надеялся, что его соотечественники наконец поверят в него. Навязчивая идея искусственного получения золота не оставляла его даже в преклонные годы. Он неутомимо боролся за признание своего открытия, отыскивая его научные обоснования. Разумеется, Тиффро не нашел при этом самого простого объяснения: имевшаяся примесь золота могла создать впечатление об его образовании.

В июне 1887 года Тиффро подал заявление в бюджетную комиссию французской палаты депутатов: пусть испытают, наконец, его процесс получения золота в комиссии экспертов. Заявление Тиффро оставили без внимания, ибо сочли за лучшее не возбуждать нового скандала. Слишком свежим было воспоминание об одном из последних больших процессов над алхимиками в Париже в 1882 году... Находчивый американец по имени Визе утверждал, что он умеет фабриковать золото. Видные представители парижской знати, князь Роган и граф Шпарре, вложили в предприятие несколько тысяч франков и собственноручно помогали американцу в пробном эксперименте. Высоко засучив рукава, оба по очереди качали воздуходувку. Через некоторое время они должны были давать показания против бежавшего Визе, уличавшегося в обмане. Суд приговорил алхимика - заочно - к чувствительному штрафу. А оба знатных лица стали посмешищем всего Парижа, ибо они упорно утверждали, что видели собственными глазами, как американец получал золото. Однако, когда их стал допрашивать следователь, оба "очевидца" спохватились, что один-единственный раз покинули лабораторию алхимика. Они вспомнили, что к концу решающего эксперимента м-р Визе бросил в расплав какой-то порошок. Помещение мгновенно наполнилось отвратительным дымом и вонью, так что они вынуждены были выбежать в соседнюю комнату. Дальнейшие комментарии излишни: эта ловкая проделка, конечно, была запланирована и привела Визе к желанному успеху.

Золото из теплиц

Теория Тифффо о том, что золото в природе может расти само по себе, в особенности там, где солнце жарит сильно, как в Мексике, нашла приверженцев даже в Германии. Об этом свидетельствует газетное объявление, помещенное в "Мюнхер альгемейне цейтунг" 10 октября 1875 года под многообещающим заголовком: "Реальный ежегодный заработок - миллионы". Аптекарь - пенсионер по имени Кистенфегер - с помощью этого объявления искал компаньона, который отличался бы широтой взглядов предпринимателя и имел бы достаточный капитал для того, чтобы поставить новый процесс получения золота на промышленный уровень. Кистенфегер в своем объявлении уверял, что уже несколько лет тому назад в присутствии известных химиков он с блестящим успехом провел эксперимент, лежащий в основе такого процесса. При этом было показано, что в соответствующих условиях можно ускорять рост благородных металлов - подобно тому, как это делается с помощью теплиц для растений.

Какая заманчивая мысль - вырабатывать в больших количествах золото в теплицах! В сущности, это была та же идея француза Тифффо, который до последнего момента уверял в способности металлов расти. Уже в марте 1891 года Тифффо заявил представителям прессы, что, как показали его опыты, микробы играют большую роль в процессах превращения металлов. По его убеждению, именно микробы и водоросли являются причиной того, что серебро в мексиканских рудниках постепенно превращается в золото. Цель науки - обнаружение этих "золотых микробов" и их выращивание. Тифффо мог с таким же успехом искать "микробы человеческой глупости", по выражению Курта Геца.

L'art de faire l'or (Искусство делать золото)-такова была тема многочисленных докладов мэтра Тифффо, как его называли почитатели. Устно и письменно пытался он в 90-е годы снова воскресить свою идею. Как "честный алхимик" он дожил в почестях до седины; в Париже вокруг него образовалось сообщество почитателей. На собраниях вновь основанного во Франции герметического общества (Societe Hermetique) участники глубокомысленно внимали Речам Учителя.

В октябре 1896 года Тифффо предпринял последнюю атаку, Чтобы убедить научные круги в том, что металлы в действительности не могут являться простыми химическими веществами, ибо они построены, как соединения. В этот раз Учитель, как всегда, шел на все. Тифффо представил Академии наук новое исследование, которое подтверждало его туманную точку зрения: если запаять алюминиевую фольгу с азотной кислотой в стеклянную трубку и на два месяца подвергнуть воздействию чудодейственных солнечных лучей, то содержимое превращается в эфир и уксусную кислоту. Поэтому алюминий вовсе не является элементом...

Бедный мэтр Тифффо! Достижения химии, столь быстро продвинувшейся вперед за последние годы, казалось, прошли мимо него. Он, конечно, забыл, что минуло почти 40 лет с тех пор, как в 1853 году он впервые требовал признания своей теории. Особенно большие успехи в науке за последние 25 лет были достигнуты в учении о химических элементах и невозможности их превращения друг в друга.

Глава 2

ХИМИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ С ПРИКЛЮЧЕНИЯМИ

Элементы - простые вещества нашего материального мира

Три тысячи лет пытались ученые и философы свести весь материальный мир к нескольким простым веществам - элементам. Ведь так увлекательно было думать, что все многообразие природы обусловлено несколькими немногими "кирпичиками", быть может, одним-единственным первовеществом.

На пути к исходному философы древности увидели воду, затем воздух и, наконец, огонь как первооснову всех вещей. В 350 году до н. э. Аристотель расположил четыре элемента - огонь, землю, воздух и воду - в виде цикла, из которого выводились также свойства: тепло, сухость, холод и влажность. Все явления природы хотели объяснить действием этих элементов и их превращением друг в друга. Другие философы, например греки Левкипп и

Демокрит, считали, что причиной всех превращений является соединение либо отщепление мельчайших частичек - атомов.

Еще до того как древнегреческие философы ломали голову над первоосновой материи, в Китае существовало учение о том, что имеются пять элементов, которые непрерывно движутся между Землей и Небом: вода, огонь, дерево, металл, земля. В начале нашей эры алхимия, возникшая на Востоке - в Индии, Китае и Японии, проникла в Европу. Когда в умах ученых начали господствовать мистически-религиозные представления о великом эликсире и философском камне, понятие "элемент" потеряло свою классическую простоту. Оно должно было уступить место весьма непонятному и запутанному определению.

В период раннего средневековья алхимики открыли несколько новых элементов: ртуть, серу, соль. К элементам причисляли и землю. По представлениям алхимиков, тяжелая жидкая ртуть олицетворяла металлическую сущность, сера - горючесть. Как соли, так и сере приписывали философское значение.

В настоящее время нас удивляет то, что средневековые философы не причисляли к элементам такие вещества, как металлы - золото, серебро, железо, цинк, олово, медь. Последние были известны еще в древности, до нашей эры; некоторые из этих металлов уже выплавляли из руд для изготовления орудий труда, оружия и украшений.

Золото считалось у алхимиков сложным веществом, которое можно получить, например, из элемента ртути очисткой с помощью серы и философского камня. Однако такой "рецепт" был доступен не каждому... Аллегорические средневековые рисунки иллюстрируют это "сочетание" между серой - королем и ртутью - королевой.

Посланник небес, Гермес, в качестве покровителя алхимии добавляет к четырем цветкам (элементам), которые держат в руках король и королева, еще пятый - квинтэссенцию. Тогда "свадьба Гермеса" становится полной. Из серы и ртути возникают серебро (Луна) и золото (Солнце). Поэтому золото, по представлениям алхимиков, является чем-то составным. В те времена не признавали элементарный характер золота и других твердых металлов. Многие алхимики верили в то, что они могут превращать металлы друг в друга и неблагородные металлы - в благородные.

Однако средневековая химия вовсе не исчерпывалась погоней за тайнами алхимии. Мы должны быть ей, безусловно, благодарны за значительное развитие металлургических и технологических познаний и навыков. Путем терпеливых испытаний, внимательных наблюдений и сравнений неустанно совершенствовались процессы получения стекла и керамических изделий, а также добыча железа, меди, серебра, ртути, свинца, цинка из руд. Процессы дубления кожи и крашения тканей придавали химии средневековья производственный оттенок.

Самые "чистокровные" алхимики в своих фантастических экспериментах производили иногда ценные химические продукты: Кункель получил рубиновое стекло, Бетгер - европейский твердый фарфор, Бранд, проделывая свои перегонки, открыл фосфор. Мы обязаны работам алхимиков получением спирта и пороха, а также нашими познаниями о минеральных кислотах и щелочах.

Лейбниц сообщал о том, как химикус Хенниг Бранд случайно открыл фосфор в 1669 году: "В своих исследованиях Бранд столкнулся с уже описанной операцией, которая учит, как из мочи приготовить жидкость, которая способствует вызреванию кусков серебра до золота". При переработке мочи путем перегонки, работе, безусловно, малоприятной, алхимик вдруг получил нечто поразительное. Образовалось не золото, а неизвестное самосветящееся вещество, холодный огонь - фосфорус^[22].

Английский художник Йозеф Райт из Дерби запечатлел это мгновение на своей картине, которую стоит описать... Под средневековыми монастырскими сводами находится лаборатория алхимика. Она заполнена полками, глиняными сосудами, посудой, химикалиями. Кругом лежат раскрытые алхимические писания. В середине помещения находится печь, сложенная из глиняных кирпичей; она соединена со стеклянными колбами. Все вместе представляет собой перегонную установку. В глубине два подмастерья в удивлении прервали

работу. Алхимик упал на колени, преисполненный почитания, заклиная, протянув руку: в приборе для перегонки только что появились светящиеся пары, распространяющие неземной свет. Не это ли столь желанный философский камень, великий эликсир?

В XV и XVI веках алхимия все больше и больше теряет свое значение. В естествознании вырисовываются материалистические взгляды и воззрения, которые начинают освобождаться от оков религии и астрологии, от мистики, веры в демонов, духов и других суеверий. В начале XVI века Парацельс^[23], хотя и подвластный некоторым мистическим представлениям, отверг философский камень и отнес его к области сказок. Истинной целью химии он считал не получение золота, а изготовление лекарств.

Химики-скептики

Через сто лет пробил час рождения химических элементов, ибо им было впервые дано научное определение в нашем сегодняшнем понимании. Немецкий ученый Иоахим Юнгиус в диссертации "Doxoscoriae Physicae Minores"^[24], написанной в 1630 году и опубликованной в 1642 году^[25], отбросил четыре элемента древности и три элемента алхимии, а также постулат о превращении металлов. Химические элементы, объявил он, являются единичными и неделимыми далее веществами.

Несколько позднее англичанин Роберт Бойль в известном труде "The Sceptical Chemist"^[26] задает риторический вопрос: действительно ли существуют элементы, иначе называемые началами? И сам же отвечает: "Под элементами я понимаю определенные исходные и простые, или полностью несмешанные вещества... Они являются составными частями, из коих слагаются все так называемые полностью смешанные вещества и на коковые последние можно разложить^[27]".

После 1700 года эпоху алхимии сменил период флогистонной химии^[28]; последняя, хотя и исходила из неверных предпосылок при объяснении процесса горения, однако позволила классифицировать ряд химических превращений. С открытием кислорода в 1771 году^[29] и правильным объяснением процесса горения Лавуазье закончился этот отрезок истории химической науки^[30].

Благодаря французу Антуану Лавуазье химия приобрела характер точной науки - учения об элементах и веществах и их соединении в определенных отношениях. Превращение элементов друг в друга отбрасывалось как невозможное. В труде "Traite elementaire de chimie"^[31], изданном в 1789 году в Париже, Лавуазье приводит уже 22 из известных сегодня химических элементов. Среди них азот, кислород, водород, углерод, сера, фосфор и все известные в то время металлы. Французский химик ошибочно отнес к списку элементов также оксид алюминия, барит, известь, магнезию и кварц^[32]. Лишь позднее поняли, что здесь, в действительности, речь идет о соединениях таких химических элементов, которые еще не умели выделить в виде простых веществ.

К началу XIX века, который после изобретения паровой машины обещал стать веком промышленного прогресса, удалось с помощью электрического тока выделить такие элементы, как алюминий, барий, кальций, магний и кремний, а также щелочные металлы, галогены и тяжелые металлы.

В 1804 году английский химик Дальтон установил закон кратных отношений^[33]. В соответствии с ним химические элементы должны соединяться только в определенных, постоянных соотношениях. Дальтон развил представления Лавуазье, приняв, что в основе таких превращений лежат мельчайшие кирпичики природы - атомы химических элементов.

Шведский химик Берцелиус в 1818 году впервые опубликовал таблицу, в которой привел атомные массы всех известных к тому времени химических элементов. Он ввел символику химических элементов, которая в основном принята и в настоящее время. В ту пору быстро поняли, насколько важно точно знать атомные массы для выяснения химических реакций и нахождения формул соединений, потому вклад Берцелиуса был высоко оценен^[34].

Бунзен и Кирхгоф^[35] использовали спектральный анализ как новый метод для идентификации химических элементов. Они обнаружили, что отдельные простые вещества в

газообразном состоянии при их возбуждении испускают свет определенной длины волны, в результате чего появляются характеристические линии в спектрах испускания или поглощения. С помощью спектрального анализа с 1860 по 1863 годы были открыты цезий, индий, рубидий и таллий, так что число известных элементов в химии возросло до 63. Таким образом, накопился обширный ряд разнообразнейших природных простых веществ, подобранный без каких-либо видимых правил и без внутреннего порядка. Однако вряд ли кто-либо из ученых считал в то время, что уже открыты все кирпичики природы; никто не мог предсказать, сколько еще неизвестных элементов ожидают своего открытия. Только с начала XIX века было найдено 28 новых элементов - почти половина из всех известных к тому времени. Можно было опасаться, что с развитием и совершенствованием техники исследования число элементов когда-нибудь станет столь же необозримым, как число звезд на ночном небосводе.

Система химических элементов

Как только речь зашла о формулах химических соединений, то обнаружилось, что путаница с химическими элементами привела к значительным расхождениям во мнениях, даже среди выдающихся ученых. Когда в середине прошлого века число элементов и их соединений резко возросло и многие химики придумывали свою "собственную формулу", немецкий химик Лотар Мейер очень точно заметил, что "путаница достигла апогея". Для некоторых неорганических соединений существовало несколько эмпирических формул. Еще хуже обстояло дело в органической химии. Только для одного такого несложного вещества, как уксусная кислота CH_3COOH , насчитывалось к этому времени шестнадцать различных формул.

На международном Конгрессе химиков в сентябре 1860 года в Карлсруэ, на котором присутствовали Лотар Мейер и Дмитрий Иванович Менделеев, проводились поиски путей для создания единой классификации элементов^[36]. Однако только в 1869 году Менделееву и Мейеру удалось, независимо друг от друга, прийти к утверждению: если расположить все химические элементы в систему по возрастающему атомному весу, сегодня именуемому относительной атомной массой, то их свойства обнаруживают отчетливую периодичность^[37]. Это фундаментальное открытие Д. И. Менделеева было сообщено 6 марта 1869 года на заседании Русского химического общества в Петербурге. Работа Лотара Мейера, которую он опубликовал в "Аннален дер хеми" в 1870 году, датирована декабрем того же года. Обе публикации отлично дополняют друг друга, так что Д. И. Менделеев в своей знаменитой статье от 30 декабря 1870 года "О естественной системе элементов и ее применении для предсказания свойств еще неоткрытых элементов" смог сделать еще один шаг вперед: впервые оказалось возможным ограничить недостающие элементы определенным числом и точно закрепить их место в периодической системе.

Обнаружилось, что в естественной системе элементов, установленной Менделеевым в 1870 году, оставалось не более 24 свободных мест для еще неизвестных элементов; 24 "белых пятна" на "химической карте"- так обозначил русский химик эти пустые места. Между самым легким элементом - водородом и самым тяжелым - ураном оставалось открыть еще 23 неизвестных химических элемента. К этому следовало, быть может, добавить еще 24-й элемент, который располагался непосредственно за ураном и для которого Менделеев оставил в системе свободное место^[38]. Предвидение Менделеева шло так далеко, что он описал даже свойства, которые должны были иметь еще неизвестные элементы, и дал указания, где их следовало бы искать. Его немецкий коллега, Лотар Мейер, позднее дал понять, что ему не доставало "отваги для таких далеко идущих предположений" при разработке расположения элементов. Менделеев же писал: "Утверждение закона возможно только при помощи вывода из него следствий, без него невозможных и не ожидаемых, и оправдания тех следствий в опытной проверке"^[39].

Великий поиск начался

Д. И. Менделеев точно предсказал свойства тех еще не открытых элементов, которые в группах периодической системы следуют за бором, алюминием и кремнием и которые русский ученый обозначил как экабор, экаалюминий и экасилиций. Великий поиск предсказанных элементов можно было начинать.

Когда 5 лет спустя, в августе 1875 года, французский ученый П. Э. Лекок де Буабодран известил об открытии им нового элемента - галлия, который он обнаружил в цинковой обманке спектральным путем, Менделеев сразу высказал мнение, что это, возможно, и есть экаалюминий. Для нового элемента Менделеев предсказал атомную массу 68 и плотность от 5,9 до 6,0 г/см³. Французский ученый сначала нашел плотность равной 4,7 г/см³. Только позднее, после настойчивых указаний Менделеева, когда в распоряжении оказались большие количества чистого галлия, Буабодран смог дать более точные сведения: плотность 5,96 г/см³, атомная масса 69,9.

Химик К. Винклер так описывает ситуацию того времени: "Чтобы оценить, с каким напряжением все ожидали, когда будут установлены свойства галлия, необходимо представить себе, что до того времени не было ни одного доказательства справедливости и важности выводов, сделанных из закона периодичности".

В марте 1879 года Нильсон, профессор химии шведского университета в Упсале, обнаружил еще один неизвестный элемент, который он окрестил скандием^[40]. Когда стало известно, что физико-химические свойства скандия близки к предсказанным свойствам экабора, Менделеев радостно воскликнул: "Я никак не ожидал, что еще при жизни дождусь такого блестящего подтверждения периодического закона!"

Д. И. Менделеев наиболее детально предсказал свойства экасилиция^[41]. Поэтому ученый мир с особым интересом ожидал открытия этого элемента.

В сентябре 1885 года на фрейбергском руднике "Химмельсфюрст" горняки наткнулись на необычную серебряную руду. Неизвестный дотоле минерал получил название аргиродит. Профессор неорганической химии Горной академии Фрейберга, Клеменс Винклер, проанализировал эту загадочную руду. Однако, определив ее химический состав - 74,7 % серебра, 17,3 % серы и свыше 1 % примесей, он обнаружил, что не хватает почти 7 %. Кроме того, из расчетного атомного соотношения серебро : сера, равного 1,3, следовало, что это отнюдь не чистый сульфид серебра Ag₂S. Расчеты Винклера привели к соединениям: 2Ag₂S*XS или 4Ag₂S*YS₂. В первом случае X - двухвалентный элемент, как, например, свинец, во втором случае Y - четырехвалентный элемент, как олово. В серебряных рудах уже находили свинец и олово. Однако Винклер как опытный аналитик сразу определил, что в аргиродите не содержатся ни эти металлы, ни другие известные к тому времени. Различие в аналитических данных могло означать лишь одно: в этой новой серебряной руде находится неизвестный элемент!

Винклер честно сознавался, что мысль о новом элементе, который находится у него в руках, вызвала у него головокружение и нервный подъем. Не переводя дыхания, работал он день и ночь. Всеми его мыслями и чувствами завладел неизвестный химический элемент. Уже грозило пошатнуться его железное здоровье, когда 6 февраля 1886 года Винклер неожиданно выделил сульфид неизвестного вещества. Последний оказался растворимым в воде. Вот почему при обычном промывании осадков сульфидов он так упорно ускользал из рук.

Исследователя всегда охватывает чувство удивительного счастья, когда он идет по следу нового элементарного кирпичика, из которого состоит наша планета. Узнав о предсказаниях Менделеева, Винклер, как и другие, лихорадочно искал недостающие элементы, чтобы заполнить "дырки" в периодической системе. Большие надежды он возлагал на анализ минералов и золы, выброшенных наружу из земных глубин при мощном извержении вулкана Кракатау в августе 1883 года. Однако удачи не было. И вот теперь в фрейбергской руде он нашел новый элемент. Это был предсказанный Менделеевым экасилиций. Когда Винклер изучил его свойства, он был поражен, ибо с великой точностью константы совпали с величинами, предсказанными Д. И. Менделеевым.

Для атомной массы экасилиция Менделеев предсказал значение 72, для плотности - 5,5 г/см³. Винклер установил: 72,3 и 5,47. Немецкий исследователь смог подтвердить также валентность, равную IV^[42]. Такая точность совпадения с химическими прогнозами поразила Винклера: "Едва ли можно найти более яркое доказательство правильности учения о периодичности [свойств] элементов, и это поистине не только простое подтверждение смелой теории, а означает также существенное расширение химического кругозора, крупный шаг в область познания".

Радость открытия элемента заставила Винклера с воодушевлением взяться за перо. Уже 26 февраля 1886 года он пишет Менделееву: "Я надеюсь, что вскоре смогу сообщить Вам подробнее об этом интересном веществе. Сегодня я ограничиваюсь тем, что ставлю Вас в известность о триумфе Вашего гениального исследования и хочу засвидетельствовать свое глубокое почитание и уважение".

"Поскольку германий, открытый Вами, является короной периодической системы, скромно отверг похвалу Д. И. Менделеев, - то эта корона принадлежит Вам..., а я удовлетворюсь ролью предвестника^[43]".

Обнаружение нового элемента напоминает открытие планеты Нептун. Ее существование было предсказано французским астрономом Леверье на основе аномальных орбит ее спутников. Вскоре после этого предсказания Нептун был обнаружен. Поэтому у Винклера было намерение назвать открытый элемент нептунием. Однако, поскольку такое название уже было ранее использовано для ошибочно открытого элемента, он назвал элемент германием. Теперь состав аргиродита уже не был загадкой - $4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{GeS}_2$ - и можно было утверждать, что научно обоснованные, целенаправленные предсказания возможны не только в астрономии.

Сверкающая желтая линия

С открытием германия, а также многих элементов из числа редкоземельных все больше сокращалось число "белых пятен" между водородом и ураном. Исследователи всего мира честолюбиво добивались того, чтобы проникнуть в последние неизученные области "географии" химических элементов. Забавно, хотя тем не менее и поучительно, проследить по химической литературе того времени, с каким воодушевлением искали тогда эти последние элементы. Сообщения об "успешных открытиях" следовали одно за другим. Новые элементы неожиданно возникали, как падающие звезды на ночном небосводе; однако они разделяли участь звезд и исчезали так же быстро, как и появлялись. Вот примеры...

В конце 1878 года норвежец Даль, который работал горным мастером, сообщил, что при переработке 10 кг неизвестной ранее руды он открыл новый элемент Норвегии, тяжелый металл. Это было ошибкой.

Австрийские ученые хотели назвать новый элемент австрий или австриакий; однако после многолетних тщательных исследований существование нового элемента не подтвердилось.

Английские ученые в 1892 году решили, что выделили новый элемент масрий из минерала масрита, обнаруженного в Египте. Он должен был заполнить место между бериллием и магнием. На самом деле там свободного места и не было.

Другие исследователи нашли в солнечном спектре короний. Сегодня мы не увидим его в периодической системе. Несмотря на это, некоторые ученые уверяли, что на Солнце должны существовать элементы, не известные на Земле. Изучение спектра солнечной короны еще в 1868 году дало весьма поразительный результат. 18 августа 1868 года в Индии во время полного солнечного затмения французский астроном Жансен наблюдал за солнечной короной. Это было первое исследование солнечной короны с помощью спектроскопа. Помимо известных трех спектральных линий водорода в красной, зелено-голубой и синей области, Жансен обнаружил новую ярко-желтую спектральную линию, D₃, которую следовало приписать неизвестному химическому элементу.

К открытию внеземного элемента отнеслись в то время особенно уважительно, ибо 25 октября 1868 года Академия наук в Париже получила сразу два сообщения на эту тему. Одно

из них поступило из прибрежного города восточной Индии. Автором его был Жансен. Другое пришло из Англии от ученого Локьера. Англичанин тоже наблюдал ту таинственную сверкающую желтую линию и дал неизвестному элементу имя гелий (производное от греческого helios - Солнце). Такое совпадение открытий показалось знаменательным Академии наук. Она учредила памятную медаль с изображением ученых Жансена и Локьера в честь обоих первооткрывателей "солнечного элемента" гелия^[44].

Хотя гелий обнаружен до открытия периодического закона, он не был учтен в системе Менделеева. Для этого надо было подробнее изучить его физико-химические свойства, прежде всего необходимо было знать атомную массу гелия. Однако, как получить данные для нового элемента, если его нельзя уловить на Земле?

Нет места для благородных газов?

В 1894 году возник горячий научный спор между двумя английскими учеными - лордом Релеем и Вильямом Рамзаем. Релею пришло в голову, что азот, полученный из воздуха после удаления кислорода, имел несколько большую плотность, чем азот, полученный химическим путем. Рамзай придерживался той точки зрения, что такую аномалию в плотности можно объяснить присутствием в воздухе неизвестного тяжелого газа. Его коллега, напротив, не хотел согласиться с этим. Релей считал, что это, скорее, какая-то тяжелая озонородная модификация азота. Внести ясность мог только эксперимент. Рамзай удалил из воздуха кислород обычным способом - используя его для сжигания, и связал азот, как он это обычно делал в своих лекционных опытах, пропуская его над раскаленным магнием. Применяв оставшийся газ для дальнейших спектральных исследований, изумленный ученый увидел невиданный дотоле спектр с красными и зелеными линиями,

"В течение лета 1894 года лорд Релей и я вели почти непрерывную переписку,- сообщил Рамзай,- и 18 августа, когда британские естествоиспытатели собрались в Оксфорде, мы сообщили об открытии новой составной части атмосферы ... аргона".

Рамзай определил атомную массу аргона: 40. Следовательно, его надо было бы поместить между калием и кальцием. Однако там не было свободного места! Что же делать? Нашлось немало критиков, отрицавших элементарный характер нового элемента аргона именно потому, что его некуда поместить в периодической системе. С большим искусством и упорством Рамзай продолжал свои опыты для того, чтобы разрешить это противоречие. Вскоре он обнаружил, что аргон еще более инертен, чем азот, и, очевидно, вообще не реагирует с каким-либо другим химическим веществом, то есть справедливо оправдывает свое греческое имя аргон - инертный.

Рамзай вспомнил о сообщении доктора Гиллебранда из Института геологии в Вашингтоне. В 1890 году американский ученый обратил внимание на то, что при разложении минерала клевета кислотами выделяются значительные количества газа, который он считал азотом. Теперь Рамзай хотел проверить - быть может, в этом азоте, связанном в минерале, можно было бы обнаружить аргон!

После длительных поисков ему удалось приобрести у продавца минералов две унции редкой породы. Он разложил ее серной кислотой, однако изучение собранного газа отложил на время, ибо его увлекли другие исследования. Только через полтора месяца, в марте 1895 года, английский ученый нашел время для изучения спектра этого газа. Он был необычайно поражен, когда обнаружил сверкающую желтую линию, отличающуюся от известной желтой спектральной линии натрия. Однако прошло некоторое время, пока Рамзай полностью поверил в это открытие. "Со стыдом сознаюсь,- сказал он в докладе,- что я разобрал свой спектроскоп, ибо скорее мог поверить в его неисправность, чем в присутствие нового газа".

Это был новый газ, не известный до той поры газообразный элемент. Вильям Крукс, который в Англии считался первейшим авторитетом в области спектрального анализа, сообщил своему коллеге, что пресловутая желтая линия - та же, что была замечена Локьером и Жансеном в 1868 году в спектре Солнца: следовательно, гелий есть и на Земле.

Заслуга Рамзая еще и в том, что он нашел способ, как разместить оба вновь открытых газа в периодической системе, хотя формально места для них не было. К известным восьми группам элементов он добавил нулевую группу, специально для нульвалентных, нереакционноспособных благородных газов, как теперь стали называть новые газообразные элементы. Такое смелое расширение периодической системы весьма удивило самого Менделеева^[45]. Незадолго до своей смерти в 1907 году великий русский ученый сказал, что Леккок де Буабодран, Нильсон и Винклер только укрепили периодическую систему; Рамзай же подтвердил ее справедливость^[46].

Когда Рамзай разместил благородные газы в нулевой группе по их атомной массе - гелий 4, аргон 40, то обнаружил, что между ними есть место еще для одного элемента. Рамзай сообщил об этом осенью 1897 года в Торонто на заседании Британского общества в докладе, которому дал многообещающее название: "Об одном еще не открытом газе". Оглядываясь на прошлое, Рамзай вспоминал: "По примеру нашего учителя Менделеева я описал, насколько возможно, ожидаемые свойства нового газообразного элемента, который должен был заполнить "дырку" между гелием и аргоном. Я мог бы предсказать еще два других газа, однако полагаю, что с прорицанием надо быть поосторожнее..."

У Рамзая были явные основания для осторожности: ни один человек не знал, где искать эти газообразные элементы. Лишь после многих неудачных опытов Рамзаю пришла в голову мысль искать их в воздухе. Тем временем немец Линде и англичанин Хемпсон практически одновременно опубликовали новый способ сжижения воздуха. Этим изящным методом и воспользовался Рамзай и, действительно, с его помощью смог обнаружить в определенных фракциях сжиженного воздуха недостающие газы: криптон (затаившийся) и неон (новый).

"Спиритическая химия"

Нулевая группа периодической системы, состоящая из благородных газов, казалась безупречной. Ничто не изменилось, собственно говоря, когда американец Браш на конференции естествоиспытателей в Бостоне в августе 1898 года сообщил об открытии еще одной составной части воздуха - элементе этерии^[47]. Браш объявил, что плотность этерия составляет всего лишь одну десятитысячную плотности водорода. Вследствие легкости этерия и большой скорости его молекул этот диковинный газ стремится испариться в мировое пространство. Чудо, стало быть, что его вообще обнаружили на Земле!

Даже Менделеев стремился дать истолкование такого гипотетического мирового эфира. Он назвал элемент ньютонием и поместил его, а также ложный элемент короний в своей таблице перед водородом. Существование таких экзотических элементов не могло быть экспериментально доказано; отдельные ученые считали, что некоторые новые спектральные линии северного сияния, солнечной короны и звездных спектров следует приписать ньютонию, коронию или еще одному элементу - небулию. Значительно позднее выяснилось, что эти чуждые спектральные линии можно объяснить ионизацией кислорода и азота, но ни в коем случае не новыми элементами.

В связи с загадочным, необъяснимым и трудноуловимым мировым эфиром высказал свои особые идеи инженер Адольф Вагеман. Он полагал, что все вещества при абсолютном нуле, то есть при $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, должны превратиться в этот индифферентный эфир, который является не чем иным, как философским камнем. Ведь если привести этот эфир в соприкосновение со следами золота или, еще лучше, осторожно нагреть, пока его атомы не начнут совершать "энергетические колебания", соответствующие золоту, то все материальное, соприкасающееся с ним, должно превратиться в золото.

Удивительно простым казался процесс получения золота инженера Вагемана. Однако все это были пустые измышления. Абсолютный нуль не является реальной величиной, к ней можно только приблизиться, не достигая ее. Следовательно, таким философским камнем овладеть нельзя. Это было уязвимое место нового "процесса производства золота", который обещал человечеству огромные богатства. Тут следует еще добавить: всего несколькими годами позднее, в 1906 году, физико-химик Вальтер Нернст сформулировал 3-е начало

термодинамики, и стало понятным поведение веществ при приближении к абсолютному нулю. Теперь можно было и теоретически оценить процесс Вагемана и ... отбросить его. Те, кто интересуются "техническими подробностями", могут найти их в брошюре Вагемана, появившейся в 1901 году под заманчивым заглавием: "Искусственное золото! Открытие процесса для превращения веществ, исходя из новых научных воззрений. Изложено общедоступно".

От всеобщего наступления на последние недостающие элементы не хотели отстать приверженцы алхимии и вновь воскресшего спиритизма. Они также занимались поиском новых элементов и изложили "экспериментальные результаты" в своего рода учебнике, который мы пролистаем. "Спиритическая химия. Ряд наблюдений ясновидцев о химических элементах"- таково его заглавие.

Началось это летом 1895 года в Лондоне, когда члены европейской секции общества теософов^[48] по окончании "рабочего дня" прогуливались вдоль берегов Темзы. Кто-то задал вопрос, нельзя ли исследовать состав воздуха при помощи потусторонних сил. Очевидно, налицо была "конкуренция" с Вильямом Рамзаем, чьи поразительные открытия были в то время у всех на устах.

Те члены общества, которые еще раньше приобрели "способность увеличения образов", тут же упали в траву и уставились в голубой эфир. Действительно, они могли видеть отдельные атомы газообразных составляющих воздуха! Их способность "увеличительного зрения" должна была быть невероятной. Даже с помощью современных высокоразрешающих электронных микроскопов мы можем получить лишь весьма приблизительное оптическое изображение атомов. Через несколько лет на своем конгрессе общество постановило систематически продолжать изучение спиритической химии. Мистер Лидбитер и мисс Анни Безант, авторы упомянутого "учебника", начали исследование атомарного строения элементов. У них была своя собственная методика. Благодаря их способности к ясновидению и особой "увеличительной возможности", которая удивительным образом могла "ввинчиваться вверх и вниз", они ясно видели перед собой атомы и могли даже сосчитать их кирпичики - "пра-атомы"! Это срабатывало даже для самых редких элементов, ибо достаточно было только интенсивно представить себе эти элементы. Конечно, такой процесс таил в себе и опасности: так, Безант чуть не "задохнулась", когда путем ясновидения исследовала ядовитый хлор.

Для водорода, самого легкого элемента, насчитали 18 пра-атомов, для гелия - 72. Для того, чтобы рассчитать "окультную атомную массу" элементов, достаточно было разделить число пра-атомов на 18. Отсюда водород имел атомную массу 1, гелий 4. Для золота было найдено 3 546 пра-атомов, что соответствовало атомной массе 197.

Как видите, довольно сложный процесс. Вспоминается анекдот о том, как один любопытный спрашивает чабана, как же он узнает, все ли овцы возвратились вечером домой.

- Очень просто, я их пересчитываю.

- Не затруднительно ли это при столь большом стаде?

- Нисколько. Я считаю овец по ногам, а потом делю на 4.

Само собой разумеется, что атомные массы, полученные ясновидением, не слишком отличались от принятых значений. Ведь спиритическая химия должна была как-то получить признание! Если посмотреть на таблицы элементов и атомных масс в учебнике "Спиритическая химия", то можно заметить, что там имеется новый элемент. Ясновидящие открыли его в воздухе и назвали новый элемент, стоящий якобы между водородом и гелием и насчитывающий 54 пра-атома (следовательно, он должен иметь атомную массу 3), оккультум. Он так никогда и не был помещен в периодическую систему элементов.

Еще один новый элемент - аргентаурум

Вначале в системе элементов Д. И. Менделеева между серебром и золотом тоже была якобы "дырка". В 1896 году на это свободное место покусился американец Эмменс, который объявил, что он нашел неизвестный элемент. Чтобы отразить его положение между серебром

(аргентум) и золотом (аурум), он назвал его аргентаурум. История открытия аргентаурума довольно необычна и полна приключений.

В американских научных кругах имя доктора Эмменса было известно. Стивен Эмменс был членом нескольких видных научных обществ и получил известность благодаря изобретению взрывчатого вещества эмменсита. Недолгое время он значился также первооткрывателем так называемой эмменсовой кислоты. Это новое вещество должно якобы образовываться при добавлении к дымящей азотной кислоте пикриновой кислоты до пересыщения. Однако, как сообщила "Хемикер цейтунг" в 1892 году, эту эмменсову кислоту следует вычеркнуть из списка индивидуальных химических веществ, ибо она представляет собой не что иное, как неизмененную пикриновую кислоту. Столь же мало сочувствия нашел Эмменс, когда предложил структурную формулу магнитного железняка. Вероятно, неудачи объяснялись тем, что работы Эмменса не были лишены известного налета фантазии.

Доктор Эмменс задал себе вопрос: что же отличает благородные металлы, такие, как серебро, золото, платина, от других металлов, помимо их устойчивости? По его мнению, это прежде всего, большая плотность, возрастающая в ряду: серебро - золото - платина. Следовательно, если бы удалось значительно уменьшить расстояния между атомами в металле, то можно было бы беспрепятственно получить благородные металлы, обладающие большей плотностью. Такова, в общих чертах, была новая идея доктора Эмменса. Эти рассуждения навели его на след упомянутого промежуточного элемента, который не был ни серебром, ни золотом и который он назвал аргентаурум. Из этого вещества при разрыхлении его структуры должно якобы получаться серебро, а при уплотнении - золото. Процесс этот не является чем-то новым, он веками протекает в природе. Эмменс полагал, что нашел путь к осуществлению этого процесса в лаборатории - заметьте, в своей собственной *Argentaurum Laboratory* (адрес: Нью-Йорк, Нью-Брайтон, Центральная авеню, 20).

Конечно, с такими теориями Эмменс попадал в угрожающую близость к опороченным средневековым методам получения золота. Однако американец не хотел называться алхимиком. Все же от такого прозвища некуда было деться, ибо Эмменс фактически предлагал способ изготовления золота!

Для того, чтобы подтвердить свои рассуждения и показать, что его способ "работает", 13 апреля 1897 года Эмменс продал нью-йоркскому монетному двору за 954 доллара 80 центов шесть слитков сплава золота с серебром, то есть именно того самого аргентаурума. Каждому появляющемуся посетителю или репортеру он с торжествующим видом совал в нос квитанцию. Начиная с этого дня доктор Эмменс ежемесячно поставлял государственному монетному двору два слитка золота весом от 7 до 16,5 унций, то есть от 200 до 500 г. Для прессы он сделал громогласное заявление: "Я уверен, что за год смогу увеличить производство золота - аргентаурума до 50 000 унций в месяц". Нью-Йорк бурлил. Оправдал ли Эмменс эти слова? В его пользу говорили следующие события.

Во многих объявлениях в прессе и в научных журналах Эмменс предлагал пробы золота - аргентаурума в 1, 2, 5 и 10 г для проверки его данных и для научных исследований. Цена: 75 центов за грамм. Каждый, кто интересовался этим искусственным золотом, мог купить его у доктора Эмменса. Спрос был велик. Английский физик Вильям Крукс пожелал подробнее узнать у изобретателя об этом новом чудо-веществе. Крукс хотел доложить о нем в лондонском журнале "Кемикл Ньюс", редактором которого он являлся.

Среди выдающихся ученых Англии Крукс был несколько двуликой персоной. В своей специальной области, спектроскопии, этот физик был неоспоримым авторитетом, тем более, что ему принадлежала честь открытия спектральным путем химического элемента таллия.

О себе Крукс говорил, что для него всегда особое очарование представляла туманная область между известным и неизвестным. Порой казалось, что это можно понимать буквально, ибо Крукс тратил также время на то, чтобы исследовать спиритические явления физическими методами. Это было бы оправданно, если бы физик использовал свои научные знания для разоблачения спиритического безобразия; в некоторых "высших" кругах тогдашнего общества спиритизм грозил превратиться в модную болезнь. Однако Крукс вел себя иначе. Его

настолько одурачили фокусы медиумов, что в итоге он сам начал верить в сверхъестественные силы. Он усердно регистрировал "мощные" психические силы, которыми сидящий в стороне медиум воздействовал на пружинные весы. В конце концов Крукс поверил также в "материализацию" умерших: их дух возникал по воле медиума, который лежал в трансе, прикованный к тому же к физическим измерительным приборам. Существуют даже "фотографии духов", на которых Крукс изображен рядом с посетителями из загробного мира.

Естественно, что научное имя ученого заметно страдало от таких зигзагов. Ведь Крукс был членом высокочтимого Королевского общества, к которому принадлежат только самые выдающиеся научные деятели мира. В статье "Естествознание и мир духов" (1878 год), опубликованной в "Диалектике природы", Фридрих Энгельс насмешливо заметил по этому поводу, что было бы полезнее, если бы на эти спиритические сеансы Крукс принес скептический ум вместо физических приборов.

Интересно, что в те же годы и Д. И. Менделеев соприкоснулся со спиритизмом. Как член научной корпорации он должен был в Петербурге присутствовать в качестве наблюдателя на "заклинании духов", превратившемся в эпидемию, и мог в этом случае проверить факты, описанные Круксом. В 1876 году русский ученый пришел к уничтожающему выводу: доказано, что все так называемые спиритические явления объясняются либо произвольными движениями, либо сознательным обманом, и что спиритизм есть суеверие.

Крукса нельзя было переубедить, он клялся в своей правоте, указывая на результаты физических измерений. И как только к нему обратились приверженцы оккультной химии, он заверил их в том, что разделяет их взгляды. Таким образом, он казался именно тем человеком, который мог бы поддержать такого современного приверженца спиритизма, как Эмменс...

Поэтому в нескольких письмах Эмменс охотно открыл Круксу свою великую тайну: "гвоздем" всего является машина высокого давления, на которую вскоре будет получен патент. С ее помощью куски серебра подвергаются сильным механическим ударам, чтобы путем сжатия превратиться в аргентаурум и наконец - в золото.

Однако Крукс стал осторожнее - ведь прошло 30 лет после его злоключений со спиритизмом - и потребовал, прежде всего, точных рабочих прописей. Слегка уязвленный Эмменс отвечал, что если Крукс хочет сам провести эксперимент, пусть он подвергнет мексиканский серебряный доллар подобным ударам в стальном цилиндре при низких температурах. Такой процесс якобы в больших масштабах он практикует сейчас с помощью своей машины высокого давления, которая концентрирует давление, как увеличительное стекло концентрирует солнечные лучи. Эмменс уверял, что если достаточно долго ударять по монете, то обязательно можно будет установить большее или меньшее повышение содержания золота.

С серебром из Мексики дело обстоит особо, о чем нам известно, со времени месье Тифффо. Мексиканские серебряные доллары и были, собственно говоря, "производственной тайной" доктора Эмменса, которую он в конце концов весьма неохотно открыл. 16 марта 1897 года Эмменс передал американской Assay Office^[49] в Нью-Йорке мексиканский доллар с просьбой проверить, есть ли в нем золото. Результат был отрицательным. Спустя некоторое время Эмменс дал исследовать четыре мексиканских доллара, предварительно отделив от каждого половинки. Их анализ также дал отрицательный результат. Золото не было обнаружено. Оставшиеся половинки долларов Эмменс подверг специальному процессу в своей лаборатории. Теперь они содержали, по осторожному высказыванию доктора Эмменса, кроме серебра еще металл, который по всем испытаниям соответствовал золоту. В результате он был скуплен пробирной палатой как золото.

10 000 долларов тому, кто найдет ошибку

Сэр Вильям Крукс последовал совету американца. Он измельчил мексиканский доллар, поместил 13 г полученных серебряных опилок в стальной цилиндр и с помощью остроумного механизма ударял по ним поршнем с частотой один раз в секунду. Цилиндр он охлаждал сухим льдом. После этого Крукс обнародовал ожидавшийся с нетерпением результат:

небольшое увеличение содержания золота - с 0,062 до 0,075 %. Величины были не слишком обнадеживающими и, по-видимому, лежали в пределах ошибки определения. Крукс дал понять, что от этого не разбогатеешь.

Однако Эмменс продолжал быть оптимистом: все же содержание золота, подсчитал он из опыта Крукса, возросло на 21 %. Нужно только давить на серебро до тех пор, пока не возникнут большие количества золота. Крукс отказался от этого и обратился к анализу нового элемента - аргентаурума. Здесь был также уничтожающий результат: как сообщил Вильям Крукс в начале сентября 1897 года в "Кемикл ньюс", спектральное исследование образца аргентаурума показало, что в нем содержатся только золото, серебро и немного меди. В спектре не было других линий, а также не было новых линий какого-либо неизвестного элемента.

Такие малоутешительные научные результаты не удержали Стивена Эмменса от дальнейшего производства золота. Из скромной лаборатории аргентаурума образуется синдикат, расположенный в одном из лучших зданий Бродвея. Чтобы компанию не заподозрили лишь в производстве золота, Эмменсу пришел в голову новый коммерческий трюк. Появились объявления о том, что синдикат "Аргентаурум" желает содействовать прогрессу науки. Он учреждает премию в 500 долларов за самый подробный литературный обзор, касающийся единства материи и теоретической возможности получать золото из так называемых элементов. Далее, синдикат выделяет еще 500 долларов для разъяснения проблемы, почему плотность и свойства твердой материи изменяются при сжатии и охлаждении. Чтобы раздуть известность Эмменса, возникло даже "научное общество". Это исследовательское общество предполагало также выпускать золотые медали - конечно, медали из аргентаурума - как награду за научные работы.

Помимо того, Эмменс хотел поднять свой престиж с помощью собственных научных публикаций. Из ряда его статей об аргентауруме получилась целая книга, первый том которой он посвятил гравитации. Во введении к ней подчеркивается основательность автора: "Мы предлагаем 10 000 долларов тому, кто найдет научную ошибку в этой книге". Человеку таких качеств следовало просто-напросто верить, что к тому же он умеет делать золото!

Расходы на пропаганду, которые делал Эмменс, носили частично рекламный характер; это поразительно, однако вполне типично для общества, в котором он жил. Даже в этой специальной области царила конкуренция: 7 мая 1897 года Эдвард Брайс из Чикаго подал заявку на патент. Он предлагал изготавливать золото и серебро из свинца, олова и сурьмы, то есть использовал значительно более дешевое "сырье" по сравнению с Эмменсом. Дважды патентное бюро США отвергало притязания мистера Брайса. Однако оскорбленный изобретатель сумел защититься с помощью своих адвокатов и в конце концов добился разрешения провести пробные испытания на нью-йоркском монетном дворе. Естественно, что общественность принимала живое участие в этих событиях. Вероятно, и Эмменса волновал вопрос об исходе этого алхимического спектакля. Опыты лично контролировал директор монетного двора Престон. Брайс работал с тремя фунтами сурьмы, двумя фунтами серы, фунтом железа и небольшим количеством порошкообразного угля. Судя по рецептуре, такой опыт мог проводиться на 500 лет раньше. А результат? Комиссия кратко констатировала, что минимальный успех получен лишь в том случае, когда используется продажная сурьма, содержащая следы золота. С чистым сырьем эффект равен нулю.

Результат предприятия был весьма насмешливо отмечен американской прессой. Однако неудача "коллеги", по-видимому, мало затронула Эмменса. Он невозмутимо продолжал дальше ковать золото из серебра и унцию за унцией продавать государственной казне. До конца 1897 года это составило 24 золотых слитка весом всего в 17 кг. В 1898 году он должен был дать еще 10 кг. Общественность Америки была раздражена деятельностью доктора Эмменса. Наконец пресса вновь ухватилась за этот факт. В феврале 1899 года газета "Нью-Йорк геральд" в резкой статье поставила несколько вопросов: "Не является ли доктор Эмменс современным Розенкрейцером? Этот человек делает золото и продает его казне Соединенных

Штатов! Может ли доктор Эмменс показать комиссии из сограждан тот процесс, с помощью которого он делает золото из мексиканских долларов?"

И Эмменс принял вызов, он не хотел, чтобы его сочли последователем тайного алхимического союза Розенкрейцеров или, на худой конец, просто алхимиком. Он объявил, что на глазах у именитых членов американского общества собирается превратить в золото 100 000 унций монетного серебра. Это соответствовало 3110 кг!

Однако до великого смотра дело не дошло. Требуемая комиссия не собралась. Директор нью-йоркского государственного монетного двора категорически отказался участвовать в таком спектакле Другой выдающийся современник, изобретатель Николай Тесла, так же не хотел ничего слышать об алхимике.

Постепенно это происшествие забылось, тем более, что Эмменс прекратил производство золота так же внезапно, как и начал его. Вскоре поползли слухи - полиция якобы занялась доктором Эмменсом. Быть может, такие сообщения были беспочвенными, Одно только известно - в деле Эмменса произошел неожиданный поворот: получено было объяснение производству золота, налаженному Эмменсом. Люди, обладавшие криминалистическим чутьем, спрашивали себя: каков источник золота доктора Эмменса? Однако об этом позднее. Во всяком случае элемент арсена не получил доступа в периодическую систему элементов. Само собой разумеется, что при дальнейшей разработке системы, пространства между серебром и золотом не оказалось. Следовательно, не надо было открывать в этом месте неизвестный элемент. В научном смысле это был смертный приговор арсену доктора Эмменса.

Глава 3

РЕВОЛЮЦИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Невидимые лучи

Поскольку из всех элементов уран обладает самой большой атомной массой, Д. И. Менделеев поставил его на последнее место в периодической системе. Между висмутом, которым заканчивался ряд известных тяжелых металлов, и ураном находилось семь свободных клеток, прерванных только элементом торием. Семь свободных мест - это означало семь химических элементов, которые еще предстояло открыть. На Земле они могли находиться только в виде следов, ибо еще ни одному исследователю не удалось выделить хотя бы несколько миллиграммов вещества, которое можно было бы приписать элементу последних двух рядов. Эти редкие элементы, видимо, нельзя было обнаружить традиционными методами. Постепенно такое убеждение укоренилось.

Многие исследователи в глубине души верили, что благодаря успехам науки однажды будет приоткрыта завеса существования этих самых тяжелых, элементов. Как известно, в свое время, когда стали использовать электрический ток для электролиза неорганических соединений, неожиданно получили целый ряд новых элементов. Такие методы, как спектральный анализ и фракционная перегонка сжиженного воздуха, также привели к обнаружению ряда новых химических элементов. Следовательно, нужно было подождать, пока с прогрессом науки не откроется новый процесс для обнаружения и выделения самых тяжелых элементов на Земле.

8 ноября 1895 года стало памятной датой в истории естествознания. В этот день физик Конрад Рентген в своей лаборатории в Вюрцбурге проводил опыты с катодными лучами, возникающими при электрическом разряде в разреженных газах. Многие исследователи в то время проводили такие эксперименты, с тем, чтобы выяснить природу этого излучения. Рентген, как обычно, работал в затемненном помещении. Он был поражен, заметив, что несколько кристаллов циано платината бария, случайно находившиеся на лабораторном столе, довольно далеко от разрядной трубки, стали ярко светиться. Значит, эти кристаллы попали в зону какого-то невидимого излучения. Иначе нельзя было объяснить замеченное явление. Как вскоре установит сам исследователь, это был "новый вид излучения" - таково заглавие его

статьи от 28 декабря 1895 года, - которое образуется вторично из катодных лучей. Излучение это обладало рядом примечательных свойств, Через вещества оно проходило, по-видимому, без помех. Когда Рентген случайно положил руку на трубку, он увидел на экране свои кости. Это было невиданное в физике явление! Эти загадочные X-лучи, позднее названные рентгеновскими - по имени их первооткрывателя, привлекли к себе внимание всей научной общественности. Исследователи всего мира напряженно пытались разгадать те загадки, которые им задали таинственные катодные и рентгеновские лучи.

Дж. Дж. Томсон из Кембриджского университета (Великобритания), первая величина в физике, в 1897 году смог доказать, что катодные лучи состоят из бесчисленного множества маленьких отрицательно заряженных частичек. Позднее за ними закрепилось название электроны. Томсон установил, что эти заряженные частички движутся с огромной скоростью. Больше всего поразил тот факт, что масса электрона примерно в две тысячи раз меньше массы самого легкого атома - водорода. До этого времени полагали, что атом является мельчайшим кирпичиком материи. Ученым недостаточно было открыть магические X-лучи. Они старательно искали другие невидимые лучи, которые исследователи до той поры еще не смогли заметить. В Париже физик Анри Беккерель работал с препаратами урана. На них он думал изучить флуоресценцию солей урана после их облучения светом; Беккерель стремился ответить на вопрос, не является ли флуоресценция тоже новым видом излучения. Однако случайное открытие дало совершенно иное направление его исследованиям.

Свой решающий эксперимент французский ученый назначил на 1 марта 1896 года. Для большей достоверности он предварительно проявил одну из фотопластинок, которые лежали в ящике вместе с солью урана. Беккерель был поражен, когда увидел, что уже на верхней пластинке было явное почернение, как раз на том месте, где лежал препарат урана. Откуда такое "засвечивание"? В ящике было абсолютно темно. Можно было найти только одно объяснение: фотопластинка почернела от излучения соли урана; очевидно, такое излучение должно наблюдаться и без предварительного освещения соли. На следующий же день физик ознакомил со своим удивительным открытием Парижскую академию наук. В качестве доказательства он представил одну из своих "радиографий".

Вскоре подтвердилось, что и металлический уран обнаруживает такой "радиографический эффект". Эти новые лучи, которые называли *rayons de Becquerel*^[50] или *rayons uraniques*^[51] были, следовательно, характерной особенностью атомов элемента урана. Их можно было отличить по сильному ионизирующему воздействию: золотые листочки электроскопа, приподнявшиеся после зарядки, быстро опадают, если окружающий воздух ионизировать лучами, то есть сделать его электрически проводимыми. Для такого характерного излучения введено было понятие "радиоактивность".

Через два года после открытия Беккереля, в апреле 1898 года, его ученица Мария Складовская-Кюри доложила Парижской академии наук, что радиоактивным является не только уран, но и второй тяжелый элемент - торий; он тоже испускает эти таинственные лучи. Затем мадам Кюри сделала еще более значительное открытие: природные минералы, содержащие уран, например урановая смоляная руда, существенно более радиоактивны, чем можно было ожидать, исходя из содержания в них урана. Предположение Марии Кюри, что в этих минералах должен содержаться еще более радиоактивный элемент, было блестяще подтверждено. Совместно со своим супругом, Пьером Кюри, в 1898 году ей удалось физико-химическим путем обнаружить два новых химических элемента, только на основе их различной радиоактивности. Оба элемента во много раз превосходили уран по интенсивности излучения. Супруги Кюри назвали эти элементы полоний - в честь родины исследовательницы, Польши - и радий. Через год французский химик Дебьерн^[52] обнаружил еще один радиоактивный элемент в остатках от переработки урановой смолки - актиний.

Таким образом, с помощью характеристического радиоактивного излучения были открыты три новых химических элемента, для которых надлежало найти место в какой-либо из пустых клеток периодической системы. Правда, предполагали, что вследствие их

способности к излучению, они должны быть соседями урана, то есть столь долго разыскиваемыми тяжелыми металлами. Однако химики располагали лишь незначительными следами этих веществ; пока новые элементы не были получены в весомых количествах, невозможно было изучить их химические свойства, определить атомную массу и расположить в периодической системе. Прошло все же несколько лет, прежде чем супруги Кюри в результате весьма трудоемкой работы смогли выделить скудных 100 мг соли нового элемента - радия: для этого им пришлось переработать в целом два вагона отходов, образовавшихся после извлечения урана из урановой смоляной руды Иоакимсталя. Работая с таким количеством вещества, они наконец смогли определить химические свойства нового элемента.

Смелые теории

Радий начал завораживать мир. Его способность к излучению была во много раз большей, чем у других радиоактивных веществ. Новый элемент, казалось, являлся неиссякаемым источником энергии. Даже спустя длительное время нельзя было заметить уменьшения интенсивности его излучения. В настоящее время мы знаем, что активность радия падает наполовину только по прошествии 1590 лет.

Величайшая заслуга английского физика Резерфорда состоит в том, что он внес ясность в наблюдения и раскрыл тайну радиоактивности. За короткое время, работая со своей исследовательской группой в Монреале, куда он был приглашен в качестве профессора, Резерфорд пришел к научным выводам, изменившим всю физическую картину мира. Прежде всего, ему удалось показать, что существуют три различных вида радиоактивного излучения, которые он назвал альфа-, бета- и гамма-излучением. Сначала была установлена природа бета-лучей: оказалось, что они состоят из тех же отрицательно заряженных элементарных частичек (электронов), что и катодные лучи. Скорость их очень велика: она превышает 200 000 км/с, то есть приближается к скорости света.

Альфа-частицы, из которых состоят альфа-лучи, обладают значительно большей массой и выбрасываются из атома радия со скоростью 15 000-20 000 км/с. Несмотря на длину пробега всего в несколько сантиметров, одна-единственная альфа-частица ионизирует на своем пути до 100 000 молекул воздуха. Такую бомбардировку альфа-частицами трудно было себе представить; к тому же стало известно, что 1 мг радия выделяет в секунду свыше 36 миллионов альфа-частиц.

Окончательное разъяснение природы этих лучей заняло около десяти лет. Только тогда было установлено, что альфа-частицы являются ядрами атомов гелия, а гамма-лучи - особым родом рентгеновского излучения.

Особенно плодотворной оказалась совместная работа Резерфорда с химиком Содди, который с мая 1900 года работал у него в Монреале в качестве ассистента. Фредерик Содди, как и Резерфорд, был увлеченным экспериментатором. В совместных работах "Причина и природа радиоактивности" (1902 год) и "Радиоактивные превращения" (1903 год) Резерфорд и Содди опубликовали теорию радиоактивного распада, явившуюся основополагающей для дальнейших исследований. Они определили радиоактивность как результат процесса, который полностью находится вне сферы действия всех известных сил и к тому же не может быть вызван, изменен или уничтожен. Согласно этой "теории дезинтеграции", атомы радиоактивных элементов неустойчивы и потому имеют лишь определенную, характеристическую продолжительность жизни. Позднее это выразилось в понятии "период полураспада". Он характеризует время, за которое распадается половина атомов радиоактивного вещества. При этом радиоактивные элементы распадаются на ряд других веществ, химически уже не похожих на исходное вещество. Резерфорд и Содди установили, что радиоактивный распад не зависит от внешних условий. Радиоактивность остается даже после экстремальных температур и химических реакций. "Все эти соображения приводят к заключению,- писали исследователи,- что энергия, скрытая в атоме, должна быть очень мощной по сравнению с энергией, выделяющейся при обычных химических превращениях". В качестве примера они приводили солнечную энергию, происхождение которой было бы

разгадано, если предположить, что причиной являются процессы внутриатомных превращений. Для тогдашнего уровня знаний то были поразительные высказывания.

Удивительное вещество - радий

Опубликование теории радиоактивного распада было сенсацией. Она встретила как воодушевленное одобрение, так и резкое отрицание. В газетах можно было прочесть фантастические вещи о ради и радиоактивности. Больше всего ломали голову над неисчерпаемой, по-видимому, энергией радиоактивных элементов. Исходящее от них постоянное излучение без подвода энергии извне, их свечение в темноте, повышенная температура растворов солей радия - все это казалось необъяснимым чудом.

При толковании радиоактивности необходимо было привыкнуть к совершенно новым величинам. Было обнаружено, что в 1 г урана в секунду радиоактивно распадаются 10 000 атомов, а в 1 г радия - свыше 30 миллиардов атомов. Однако эти значения невелики по сравнению с общим числом имеющихся атомов. 1 г радия содержит несколько тысяч триллионов, точнее $2,66 \cdot 10^{21}$ атомов. Таким образом, доля атомов, распадающихся в секунду, очень мала, так что потребовалось бы много тысячелетий, чтобы радий полностью распался.

Вскоре многих исследователей атома, прежде всего Резерфорда и Содди, стала одолевать мысль, нельзя ли как-нибудь использовать фантастическую энергию радия. В 1904 году Содди в книге "Радиоактивность" указал, какой "путь" должен привести к использованию этого вечно неиссякаемого источника энергии: известно, что радиоактивные элементы, такие, как радий и уран, по прошествии тысяч, даже миллионов, лет распадаются с выделением энергии своего излучения; отсюда Содди делает проницательный вывод: эта энергия смогла бы в будущем служить людям, если ускорить время превращения элементов: тогда эти огромные количества энергии, сейчас выделяющиеся за тысячелетия, можно было бы использовать сразу, непосредственно.

Аналогичные рассуждения выдвинул и берлинский профессор Марквальд, когда на заседании Немецкого химического общества 2 мая 1908 года сделал сообщение о чуде радиоактивности. "Мы не знаем средства для ускорения радиоактивного распада,- заметил он. - Если бы мы таким средством располагали, то с его помощью, вероятно, смогли бы превращать и другие простые вещества. При этом следовало бы ожидать образования элементов с более низкой атомной массой и одновременного выделения колоссальных количеств энергии. Если бы такое превращение смогло произойти внезапно, то оно сопровождалось бы страшнейшими взрывами: если бы, напротив, оно стало управляемым, то хватило бы 1 кг урановой смолки, чтобы большой пароход смог пересечь Атлантический океан".

Такое предвидение кажется сегодня поразительным. Однако высказывалось достаточно опасений, что освободившаяся атомная энергия сможет служить не только источником вечного благоденствия. В лекции о ради в декабре 1903 г. перед Американской ассоциацией научного прогресса Резерфорд, между прочим, развил следующую мысль: вполне возможно, что волна атомного распада распространится с таким взрывом, что наша старенькая Земля превратится в золу... Какой-нибудь простофиля в лаборатории сможет нечаянно заставить весь мир взлететь на воздух.

Теория распада Резерфорда и Содди оказалась плодотворной и в области теории познания. Она перетряхнула все классические представления натурфилософии и поколебала ее доселе прочный теоретический фундамент. До конца прошлого века считалась нерушимой та физическая картина мира, основу которой разработал еще Ньютон. Пространство и время являлись абсолютными понятиями, а все физические процессы протекали по жестким основным законам механики. Мир построен из материальных частиц - элементов и атомов. "Атом" производится от греческого *atomos*, что означает неделимый. Тем самым хотели показать, что атомы неделимы и не могут быть превращены друг в друга.

С другой стороны, даже в начале XX века еще оспаривалось реальное существование атомов. Большинство ученых ругали физика и философа Эрнста Маха за его субъективно-идеалистические представления. Он считался основателем так называемого эмпириокритицизма - разновидности реакционной философии позитивизма. Мах отрицал существование объективной реальности. Только то реально, что может быть непосредственно наблюдаемо или осязаемо, либо подтверждено "чистым опытом". В такой философии, естественно, не находилось места для материальных кирпичиков нашего мироздания - атомов и молекул, ибо их, по Маху, нигде нельзя ощутить. Спор о существовании атомов перерастал в спор по поводу основ мировоззрения в естествознании.

Новые открытия пошатнули представления о механистической картине мира и подготовили полное их крушение. С открытием X-лучей Рентгена отпала догма о непроницаемости атомов. Очевидно, вещество уже не являлось препятствием для этих таинственных лучей. С открытием электрона Томсоном потерял силу постулат, согласно которому атом является мельчайшей частицей материи. Неизбежно вытекало допущение, что атомы состоят из еще более мелких частичек.

Весьма загадочной казалась спонтанность, с которой распадаются радиоактивные вещества. К всеобщему удивлению, было обнаружено, что радий при радиоактивном распаде превращается в другие элементы, в конечном счете в свинец, сам же возникает из урана. Была сокрушена другая догма: трансмутация элементов, о которой столетиями мечтали алхимики в своих попытках изготовить золото, стала явью, хотя лишь в масштабе атомов.

Радий представлялся исследователям прямо-таки неисчерпаемым источником энергии. Как же это согласовать с классическим законом сохранения энергии? Создавалась ли энергия излучавшего радия из ничего? Наука стояла перед загадкой. Французский физик Пуанкаре в 1905 году привел в беспокойство общественность своими сомнениями о "ценности науки". Так называлась его статья, в которой говорилось, что налицо серьезный кризис в физике. "Великий революционер радий" ставил под сомнение не только принцип сохранения энергии, но и все другие научные законы. Пуанкаре жаловался: "Перед нами - развалины старых принципов физики, всеобщий крах которой мы переживаем".

Что же, физика попала в безвыходное положение? Многие ученые являлись сторонниками идеалистической философии и считали, что теперь "материя исчезла" либо "растворилась в электричестве или энергии".

В. И. Ленин проанализировал это положение в естествознании в том виде, как оно сложилось к началу XX столетия, и сделал теоретико-познавательные заключения. В своей работе "Материализм и эмпириокритицизм", опубликованной в 1909 году, В. И. Ленин критикует мировоззрение Маха и разоблачает несостоятельность всеобщих толков о кризисе в физике. Ленин признает, что большинство ученых пришли в противоречие с новейшими экспериментальными фактами о радиоактивности и строении атома: это произошло только потому, что они упорно оставались на позиции устаревших идеалистических представлений, которые не допускали дальнейшего творческого развития физики. Эти новые факты могли быть объяснены и обобщены только на основе диалектического материализма. По убеждению В. И. Ленина, распад и превращение радиоактивных элементов блестяще подтверждает учение К. Маркса и Ф. Энгельса о диалектике природы. Поясняя это, он развивает мысль: "Разрушимость атома, неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и ее движения всегда были опорой диалектического материализма. Все грани в природе условны, относительны, подвижны, выражают приближение нашего ума к познанию материи"^[53].

Прежнее натурфилософское понятие материи оказалось неверным в результате открытия явления радиоактивности. В естествознании появились новые диалектические представления о структуре материи и формах ее движения.

Современная алхимия?

При изучении радиоактивных явлений Резерфорд и другие ученые обнаружили, что радиоактивные элементы торий, радий и актиний выделяют газообразные продукты,

называемые эманациями. Они также радиоактивны и через короткое время распадаются. Рамзай заинтересовался явлением радиоактивности, когда появилось сообщение о том, что радиоактивные эманации химически так же индифферентны, как и благородные газы. Ученый как раз находился в поисках благородного газа, для которого еще имелось свободное место в последней клетке нулевой группы. Его занимало также разрешение другой научной загадки. Стало известно, что гелий встречается не только в содержащем уран минерале клевеите, но также и во всех минералах, в состав которых входит уран. Какого-либо объяснения этому факту не было.

Рамзай совместно с Содди, который в 1903 году вернулся в Англию, попытались разрешить этот вопрос экспериментально. К началу 1903 года были впервые выделены лишь малые количества редкого радия. Во всем мире был один-единственный его источник: это профессор Гизель в Брауншвейге, для которого извлечение радия было нечто вроде хобби. Рамзай и Содди получили от него 30 мг этого элемента. Сначала выделение чистой эманации потерпело неудачу из-за неправдоподобно малых количеств, которые могли быть получены из миллиграммовых количеств соли радия. Наконец обоим исследователям удалось уловить в крошечные капилляры, доли кубического миллиметра эманации и отделить ее от газообразных составных частей воздуха путем конденсации. С помощью газоразрядной трубки объемом 4 мм^[3], в которую были впаяны электроды, тонкие, как волос, ученые получили спектр эманации. Спектр состоял из ярких красных линий. Ученые окрестили новый газ нитон (сверкающий) за то, что он светился в темноте. Позднее это название было заменено на радон.

Для того чтобы охарактеризовать нитон как новый элемент и найти ему место в таблице, недоставало важных данных, прежде всего атомной массы. Надежда на то, что когда-либо они будут обладать достаточным количеством нитона для проведения такого рода опытов, исчезала; Рамзай и Содди прикинули, что для получения 1 л газа необходимо около 500 кг радия. Уже тогда представлялось безнадежным получить такое количество радия. В настоящее время мировой запас радия оценивается, в лучшем случае, тысячной долей этой величины, то есть составляет приблизительно 500 г.

В конце концов Рамзай с удивительной экспериментальной ловкостью определил-таки плотность нитона и смог рассчитать, исходя из нее, его атомную массу. Радон нашел свое место в последней свободной клетке группы благородных газов, после ксенона.

При анализе радиоактивных минералов ученые всегда получали гелий в качестве побочного вещества. Поэтому уже в 1902 году Резерфорд при толковании радиоактивного распада высказал предположение, что гелий является продуктом распада радия. При выяснении этого вопроса так же приходилось работать с минимальными количествами веществ. Вся аппаратура, изготовленная Рамзаем, отличалась крошечными размерами. Она состояла из капиллярных трубочек диаметром менее полумиллиметра. В такие "сосуды" Рамзай и Содди поместили очищенную эманацию радия, исследовали ее спектр и, к своему радостному изумлению, обнаружили, что через несколько дней стали вдруг видны линии гелия. Это было доказательством превращения радона в гелий. Рамзай сделал сообщение о сенсационном открытии 16 июня 1903 года на ежегодном собрании Химического промышленного общества в Брэдфорде. В том же месяце появилась статья Рамзая и Содди в научных журналах: "Опыты с радием и о выделении гелия из радия".

Таким образом, впервые было экспериментально доказано превращение одного элемента - радия в другой - гелий. Естественно, что пресса всего мира быстро оповестила об этом событии в сообщениях, откликах и комментариях. Ведь это было первое удачное превращение элементов, которого ожидали алхимики целые столетия. Конечно, не было недостатка и в скептических высказываниях. Рамзая и Содди упрекали в том, что их лаборатория настолько заражена гелием, что любой чувствительный спектроскоп всегда обнаружит следы привнесенного газа.

Научно-популярный журнал "Умшау" 4 февраля 1905 года, отдавая должное гениальному искусству экспериментаторов Рамзая Содди, все же отмечал: "...еще не настало

время выбрасывать за борт испытанное старое и безоговорочно становиться на сторону учения о превращении элементов".

Еще в апреле 1904 года почтенный Клеменс Винклер через тот же журнал потребовал, чтобы вспомнили важнейшие основы химии: "Радиевый бум охватил сейчас весь мир и в наибольшей степени - среду дилетантов; при виде этого всякого химика угнетает тот факт, что о ради, открытом уже шесть лет назад, можно сообщить лишь то что он очень похож на барий, что у него большая, чем у последнего, атомная масса и что он проявляет поразительное самопроизвольное излучение. Химические его особенности все еще почти не известны...".

Однако Рамзай и Содди в дальнейших опытах доказали надежность своего открытия. И надо отдать им должное - ведь обнаружение столь малого количества вещества было исключительно сложным делом. Приблизительно из 1 г бромида радия (а таким количеством в то время никто не располагал) за год образуется лишь 0,02 мг гелия.

Вскоре уже не оставалось сомнения в том, что гелий является продуктом превращения радия. В ряду распада урана образуются радон и гелий из альфа-излучающего радия. Радиоактивный радон также распадается с испусканием альфа-лучей, то есть с отщеплением гелия. На основе этого можно считать, что гелий, заключенный в урановых рудах, получается за счет альфа-превращений урана и продуктов дальнейшего распада. Напомним, что альфа-лучи являются ядрами атомов гелия.

"Торий X и ... глупость"

В самый разгар радиевого бума появилось известие об открытии еще одного радиоактивного элемента. Сначала об этом объявили английские научные журналы, затем, в марте 1905 года, в одной лондонской газете можно было прочесть под рубрикой "Новый элемент" следующее сообщение: "Скоро научную литературу привлечет новое открытие, которое встанет в один ряд со многими блестящими достижениями на Гауэр-стрит. Д-р Отто Хан, работающий в университетском колледже, открыл новый радиоактивный элемент, извлеченный из цейлонского минерала торинита; предполагается, что этот элемент обладает радиоактивностью, подобной торию, однако большей, по крайней мере, в 250 000 раз".

Это открытие имеет небольшую предысторию. В возрасте 25 лет Отто Хан принял приглашение сэра Вильяма Рамзая поработать некоторое время в Лондоне в его институте на Гауэр-стрит. Хан только что кончил совершенствоваться по органической химии и хотел за время пребывания за границей улучшить знание иностранного языка, крайне необходимое в его будущей деятельности. По прибытии в Лондон к профессору Рамзаю Хан рассказал о своем научном пути и попросил дать ему задание. После краткого размышления известный профессор сказал: "Вы будете работать по радиоактивности". Для химика-органика такое предложение было весьма неожиданным. На лекциях в Марбургском университете он не слышал ни единого слова о радиоактивности. Хан был достаточно честным чтобы не признаться Рамзаю, что он ничего в этом не понимает и не имеет никакого опыта в исследованиях по радиоактивности. Однако Рамзай был хорошим психологом: "Это как раз то, что нужно. У вас нет еще своего мнения, и потому вы можете подойти совершенно непредвзято к этим довольно непонятным вещам". Затем он в захватывающей форме познакомил своего подопечного с его исследовательскими задачами.

Англичанин добыл 5 ц редкого минерала, именуемого торинитом. Последний находили только на острове Цейлон, и даже там запасы его были скудны. Знали об этой породе, что она очень радиоактивна. Одна английская фирма уже перерабатывала ее для Рамзая. От 5 ц осталось 18 г белой соли - в основном карбоната бария,- которая должна была содержать все количество радия, вызывающего радиоактивность: это составляло около 9 мг. Рамзай предложил отделить ценный радий по методике мадам Кюри, а именно: перевести его в некоторые органические соли, с тем, чтобы определить их молекулярную массу. Таким путем он рассчитывал установить еще не уточненную атомную массу радия. Этими опытами должен был заняться Отто Хан.

С горячим энтузиазмом принялся молодой исследователь за эту вдохновляющую работу. За считанные месяцы ему удалось в несколько ступеней выделить источник радиоактивности. Однако, к удивлению его и Рамзая, этот радиоактивный элемент испускал не эманацию радия, а эманацию тория; их можно было прекрасно отличить друг от друга по периодам полураспада. Следовательно, это был не радий. Хан указывал, что новый радиоактивный элемент химически не отличается от тория, но значительно радиоактивнее. Поэтому он назвал его радиоторием.

Рамзай был в восторге от того, что в его институте опять открыт новый элемент, и готовился торжественно сообщить об этом событии. По традиции это могло произойти не иначе как в стенах высокоуважаемого Королевского общества. На заседании последнего, 16 марта 1905 года, Рамзай обнародовал открытие радиотория. Впервые имя Отто Хана связывалось с исследованиями радиоактивности, с которыми отныне ему предстояло иметь дело всю жизнь.

По рекомендации Рамзая Отто Хан написал письмо Эрнесту Резерфорду в Монреаль. Он очень хотел усовершенствовать свои познания в области радиоактивности и надеялся, что лучше всего это можно сделать в институте Резерфорда. Хан сообщил также известному физика, что он уже открыл новый радиоактивный элемент - радиоторий. Однако именно это сообщение было принято в Монреале весьма сдержанно, как понял позднее Отто Хан. Новый радиоактивный элемент? Из ториевого минерала? За несколько лет до этого, в 1901 году, американец Баскервиль также решил, что обнаружил новый элемент каролиний в торийсодержащем монацитовом песке Северной Каролины. Сообщение оказалось ложным.

Сомнения Резерфорда поддержал его друг Болтвуд, профессор радиохимии в Йельском университете. Болтвуд написал Резерфорду в сентябре 1905 года, что "элемент" Хана представляет собой, вероятно, соединение уже известного радиоактивного элемента тория X с... глупостью. Однако, когда Хан, оказавшись уже в Монреале, открыл еще несколько радиоактивных элементов, которые "прозевал" сам Резерфорд, физик только покачал головой: "У Хана особый нюх на открытие новых элементов".

Элемент и все же не элемент

Среди многочисленных открытий Отто Хана особенное значение имел радиоактивный элемент мезоторий. Это был второй после радия радиоактивный элемент, который можно было получать в заметных количествах промышленным путем. В качестве исходного материала использовали импортный монацитовый песок. Мезоторий нашел наиболее широкое применение в медицине - как ценный заменитель все более дорожавшего радия: его излучение, как и излучение радия, могло излечивать злокачественные опухоли.

Долгое время врачи не знали, что собственно представляет собой мезоторий, хотя в его действии они и не сомневались. Поэтому Хан опубликовал подробное сообщение "О свойствах мезотория, получаемого в технике, и его дозировке", из которого все заинтересованные лица с удивлением смогли узнать, что новый препарат, собственно говоря, вовсе не является стопроцентной заменой радия. Первооткрыватель мезотория допускал, что в нем обычно содержится 25 % радия "в качестве примеси". Специалисты были поражены, ибо они ценили Хана как первую величину в радиохимии, и потому не могли поверить, что ему не удалось разделить мезоторий и радий.

Давая объяснения в газете "Хемикер цейтунг" от 3 августа 1911 года, Хан указывал, что получение мезотория в чистом виде нельзя осуществить, потому что радий и мезоторий обладают одинаковыми химическими свойствами, однако весьма заметно отличаются своими радиоактивными константами. Поэтому пришлось принять, что они - разные элементы. Однако по химическим свойствам они абсолютно сходны, как если бы являлись одним и тем же элементом. Как объяснить такой факт?

Даже после появления теории радиоактивного распада явление радиоактивности оставалось для многих ученых непонятным, необъяснимым, просто сверхъестественным. Когда Отто Хан в 1907 году на защите своей диссертации говорил о том, что можно

обнаружить $10^{[-10]}$ радиоактивного вещества на основе его излучения, ему не поверил даже всеми уважаемый Эмиль Фишер - первый нобелевский лауреат среди немецких химиков. Фишер высказал мнение, что, по его убеждению, нет более чувствительного прибора обнаружения, чем... его собственный нос, который смог бы уловить некоторые вещества в еще меньших количествах. Конечно, не стоило особенно обижаться на критику Эмиля Фишера, ибо обычно он поддерживал и выдвигал работы Хана в Берлинском университете С другой стороны, Хан чувствовал порой, что многие сомневаются в перспективности радиоактивных исследований, даже пытаются их дискредитировать.

Остановимся несколько подробнее на особенно характерном случае, поскольку он весьма наглядно показывает, перед какой дилеммой стояли в то время многие ученые. Мы располагаем дословным описанием этого события - протоколами доклада и дискуссии, происходившего на заседании немецкого Бунзеневского общества по прикладной и физической химии в мае 1907 года в Гамбурге Председательствовал известный физико-химик, профессор Вальтер Нернст. Тема: "Радиоактивность и гипотеза распада атома".

Отто Хан сделал вводный доклад о теории радиоактивного распада и привел примеры последних данных по применению его в науке. Его коллега, венский радиохимик Лерх, дал слушателям иллюстрацию чувствительности радиоактивного излучения: "Количество радиоактивного элемента радия, необходимое для разрядки электроскопа за 1 с, оказывается, составляет $10^{[-10]}$ г... Если же разделить 1 мг радия на всех живущих в мире людей - около двух миллиардов - то количества вещества, полученного каждым, хватило бы для опадания листочков пяти электроскопов за 1 с".

Это явно произвело впечатление на присутствовавших. Однако тут профессор неорганической химии Тамман, всемирно известный ученый, задал провокационный вопрос: "Меня поразило, что сегодня несколько раз говорилось о том, что эманация относится к благородным газам. Я не могу полностью к этому присоединиться, ибо для всех известных благородных газов до сих пор не было доказано, что они способны как-либо распадаться и могли бы считаться соединениями, а не элементами. Возникает вопрос: являются ли радиоактивные элементы вообще элементами, господа? Судя по тому, что мы знаем, радио нет места в периодической системе...".

Послышались возмущенные возгласы, однако можно было услышать и одобрение, порой легкий смех.

В качестве председательствующего Нернст наконец установил порядок и попытался уладить спор соломоновым решением: "Вся суть в определении. Можно дать такое определение: элемент, остающийся постоянным по своей массе, является элементом, а элемент претерпевающий радиоактивное превращение, не является элементом". Сегодня мы знаем, что такое обоснование неверно. Ученые, присутствовавшие на Бунзеновском чтении, тоже не слишком спешили согласиться с мнением Нернста.

Вновь взял слово Отто Хан: "Я хотел бы сначала ответить на вопрос о природе радиоактивной эманации. Вообще благородными газами называются такие газы, которые пока не удавалось ввести в реакцию даже с самыми энергичными реагентами. Эманацию радия пропускали над раскаленным магнием, над раскаленной медью, через самые различные реагенты, которые со всеми другими газами, кроме благородных, всегда приводили к образованию соединений. Эманация радия после пропускания через все системы была найдена неизменной...".

Тамман прервал оратора: "Я все же не отнес бы их к числу благородных газов, ибо благородные газы не претерпевают реакции радиоактивного распада".

"... Вопрос в различии между радиоактивными эманациями и благородными газами, - невозмутимо продолжал д-р Хан, - возникает и отпадает со вторым вопросом профессора Таммана - является ли радий элементом?.. Радий до сих пор считался элементом и считается таковым большинством исследователей, хотя он испускает лучи. Различия между ним и другими элементами только в степени устойчивости. Уран всегда рассматривался как элемент,

а он тоже радиоактивен. Есть элементы, которые распадаются за три секунды, а есть такие, которые распадаются за тысячи миллионов лет, как торий и уран".

Во время дискуссии профессор Браунер из Праги предложил свою теорию: "Я представляю себе вопрос таким образом: если могут быть уже мертвые, вымершие элементы, которые более не существуют... почему не может быть короткоживущих элементов, которые когда-то существовали или хотя бы существуют и теперь, но в столь малых количествах, что еще не обнаружены их следы?"

На это Нернст немного насмешливо заметил: "Малоутешительной гипотезе коллеги Браунера о том, что существуют уже вымершие элементы, можно противопоставить более жизнерадостную: отдельные элементы еще не народились". Хотя это и была шутка, в словах Нернста заключалось зернышко будущей истины.

В оживленной дискуссии на заседании Бунзеневского общества речь зашла об истинно научной проблеме. Обычно открытие новых элементов вызывало воодушевление. Однако обнаружение столь большого числа радиоактивных элементов привело в конце концов к беспомощности и путанице. Причина состояла в том, что радиоактивные элементы уже нельзя было разместить в периодической системе. Оставались еще пустые клетки, но для радиоактивных элементов места больше не было. Их было слишком много. Уже было обнаружено 25 элементов и лишь первые из них - уран, радий, полоний, торий, актиний - нашли свои законные места.

"Меня очень беспокоит вопрос, что же теперь делать со всеми этими радиоактивными элементами в периодической системе..." - высказался профессор Браунер. С ним должны были согласиться все собравшиеся ученые.

Что же, гениально задуманная и многократно подтвержденная периодическая система элементов утратила свою справедливость для радиоактивных элементов? Уж не назревал ли "кризис в химии"? Либо эти новые радиоактивные вещества все же не были элементами? В элементарном характере радиоактивных веществ мало кто сомневался, хотя их превращения и были вначале непонятными. Беспокоило то, что их не удавалось разместить в периодической системе. Большинство открытых радиоактивных элементов распались очень быстро и всегда образовывались в неизмеримо малых количествах, поэтому нельзя было и думать об определении их атомной массы, этой основы классификации. Несколько лет спустя положение стало еще более безысходным. Сотрудница Хана, физик Лиза Мейтнер, сообщила в сентябре 1909 года на заседании в Зальцбурге о новых продуктах дальнейшего распада. Дебаты грозили стать очень горячими, подобно тем, которые разразились на заседании Бунзеневского общества за два года до этого. Учитывая солидное число полученных радиоактивных элементов, известный физик Генрих Рубенс высказал сомнение: "Очень приятно и радостно, конечно, что семья радия вновь возросла. Однако со временем это становится немного тревожным и спрашиваешь себя, будет ли это размножение продолжаться?.."

Внести ясность смог бы только новый теоретический фундамент. Разрешить вопрос удалось лишь в 1913 году Фредерику Содди теорией изотопии элементов. Согласно ей, один и тот же элемент может состоять из нескольких разновидностей атомов, а именно изотопов, которые имеют различные атомные массы (массовые числа). Некоторые элементы являются чистыми, то есть состоят только из одного рода атомов с твердо определенной атомной массой. Смешанные элементы, напротив, имеют несколько различных по массе изотопов. Изотопы одного и того же элемента химически неразличимы друг от друга, следовательно, их нельзя разделить химическим путем. Однако у них есть вполне определенные физические различия, которые для радиоактивных элементов проявляются в типе распада и в характерном периоде полураспада. Конечно, теперь уже недостаточно было определения атомной массы, чтобы найти место для элемента в периодической системе. Только с введением для каждого элемента еще одной величины - порядкового номера, позднее названного зарядом ядра, наступил, действительно, "порядок". Водород получил порядковый номер 1, уран как последний элемент - порядковый номер 92, в соответствии с числом электронов в их атоме.

Однако оставалось не ясным, почему изотопы одного и того же элемента могут иметь различные массовые числа. Этот вопрос был разъяснен только 20 лет спустя.

Новая теория, которая вскоре была экспериментально подтверждена и дополнена, сразу разрешила имевшиеся проблемы: все открытые в последнее время радиоактивные элементы оказывались разновидностями уже известных элементов. Лишь совсем немногие являлись действительно новыми химическими элементами и, следовательно, могли претендовать на свое место в периодической системе. Радиоактивные эманации были не чем иным, как изотопами благородного газа радона. Радиоторий Хана является изотопом тория с массовым числом 218; открытый им же мезоторий - изотопом радия с массовым числом 228. Следовательно, и радиоторий и мезоторий не представляют собой новых элементов в первоначальном смысле этого слова; это заблуждение простительно, если вспомнить, что теория атома в то время была еще весьма несовершенной.

Было также найдено объяснение неудачам, постигшим попытки разделения радия и мезотория. Этот процесс был попросту обречен на провал, ибо речь шла практически об одном и том же химическом элементе.

Долгожданная победа

XX век начался барабанным боем, который в 1903 году возвестил о возможности превращения радия в гелий. Однако, если быть исторически точным, то была не первая трансмутация, проведенная в XX столетии. За три года до этого, в марте 1900 года, когда еще почти ничего не было известно о радиоактивных превращениях, химик Фиттика из Марбурга поразил своих коллег удивительной статьей. В ней он с полной серьезностью утверждал, что ему удалось на опыте превратить фосфор в мышьяк. Отсюда Фиттика сделал вывод, что мышьяк вовсе не элемент, то есть его не следует помещать в периодическую систему. Мышьяк на самом деле является соединением фосфора, азота и кислорода: $As = (PN_2O)_2O_3$.

"Такое утверждение просто непостижимо,- возмущался Клеменс Винклер, который своей оценкой уничтожил "открытие" Фиттики. - Уже по меньшей мере тысячу лет получают мышьяк в технике и в больших масштабах переводят его из одного соединения в другое; до сих пор не было никаких сомнений в его элементарной природе. Несомненно, мышьяк действительно является элементом в современном смысле этого слова... Утверждение Фиттики основывается на колоссальной ошибке, и я весьма сожалею, что эту ошибку приходится обсуждать открыто".

А ведь этот Фиттика был не дилетантом, а профессором химии в Марбургском университете. Отто Хан во время своей учебы в 1897/98 годах "имел удовольствие" слушать лекции Фиттики по истории химии. Об этом он оставил нам исчерпывающие сведения, которые как-то характеризуют этого странного ученого. В своих воспоминаниях Хан писал, что Фиттика в лекциях ограничивался оглашением старых алхимических текстов. Очевидно, Фиттика сам не мог избежать влияния этих трактатов. Во всяком случае последние его работы в Марбурге, по словам Хана, касались только собственных опытов по превращению элементов, которые он проделывал в сумеречном состоянии, следовавшем за его эпилептическими припадками.

Винклер прочел первую работу марбургского профессора алхимии и подверг ее уничтожающей критике. Он указал на элементарные огрехи Фиттики: конечно, господин профессор Фиттика совсем не учел, что продажный фосфор содержит мышьяк... И тут гнев известного химика излился на ренегата. Словно Зевс с Олимпа, метал он громы и молнии на неверного подданного: "Создается впечатление,- возмущался Винклер,- что в неорганической химии теперь появилась опасная склонность ударяться в спекуляции. Немалой причиной является то, что искусство анализа приходит, к сожалению, в упадок. Я подчеркиваю - "искусство", ибо между анализами может существовать различие, как между работой скульптора и каменотеса".

Однако ослабленный химик не сразу признал себя побежденным. В "Хемикер цейтунг" выпусков 1900 и 1901 годов, которая одна лишь публиковала работы Фиттики, к тому же на

видном месте, можно найти несколько сообщений, примечаний, уточнений, принадлежащих его перу. "Да, я действительно позволил себе выполнять алхимические опыты в Институте химии Марбургского университета,- пытался оправдаться профессор Фиттика.- По существу, мы сегодня еще алхимики, конечно, не в смысле искусства изготовления золота, а потому, что признаем возможность превращения металлов".

Далее Фиттика сообщал о новых удачных опытах по трансмутации, на манер древних алхимиков: о превращении элемента фосфора в сурьму, а также бора - в кремний. Однако после этого он обиженно отошел от дел, ибо нападки на его персону участились и он вызывал лишь насмешки своих коллег. Даже ссылки на его 28-летний стаж химика уже не могли помочь Фиттике. Его последнее выступление, которое опубликовала "Хемикер цейтунг" в ноябре 1901 года, звучало как заклятие: Фиттика обещал вскоре доказать, что большинство сегодняшних элементов не заслуживают вовсе этого названия! И если не он сам, то другие покажут это.

Однако вернемся к точной науке. Вернемся к Вильяму Рамзаю, который совместно с Содди действительно впервые указал на превращение элементов.

Когда в 1906 году Вильгельм Оствальд посетил англичанина в его лондонской частной лаборатории на Риджент-стрит, Рамзай тотчас же познакомил гостя с результатами своих новых опытов. Оствальд, который приобрел прочную славу как один из основоположников современной физической химии, слушал сообщение Рамзая с возрастающим удивлением. Вещи, излагаемые английским ученым "способны были поднять волосы дыбом у всякого правоверного химика", - так комментировал Оствальд новейшее открытие своего коллеги в "Хемикер цейтунг" от 24 июля 1907 года в статье под заголовком "Трансмутация элементов".

Рамзай тщательно берег несколько белых кристалликов на часовом стекле. Если несколько крупинок этого вещества он помещал в пламя, то спектроскоп обнаруживал характерную красную линию элемента лития. Ну что же, ничего особенного, - подумал Оствальд. Однако эту соль лития Рамзай получил действием эманации радия на раствор соли меди. Как ни поразительно это было, видимо, эманация, как своего рода философский камень, превратила медь в литий. В этом не было сомнения, ибо Рамзай был убежден, что принял все возможные меры предосторожности, чтобы избежать привнесения лития извне.

Через год, в июле 1907 года, после многих дальнейших опытов Рамзай опубликовал это открытие в английском журнале "Нейчур". Немецкий перевод дал журнал "Цейтшрифт фюр ангевандте хеми" 2 августа 1907 года под броским заголовком "Эманация радия. Превращение элементов". Научный мир был ошеломлен, ибо все знали, с какой скрупулезной точностью работает Рамзай. До сих пор его искусство экспериментатора вызывало к нему величайшее уважение. Что же, неужели действительно появился еще один пример превращения элементов с помощью радиоактивных веществ? Конечно, было достаточно критических высказываний, выражавших сомнение.

В июле 1908 года мадам Кюри и ее сотрудница Гледич разгадали эту загадку: при воспроизведении опыта Рамзая можно было обнаружить литий, но лишь тогда, когда использовались приборы из обычного лабораторного стекла. В случае платинового оборудования проба на литий оказывалась отрицательной. Следы лития из стекла обманули даже опытного практика, Рамзая, так что ему почудилась трансмутация меди в литий.

Что поделаться! Рамзай согласился, что превращение в элемент литий не подтвердилось. Однако в остальном он остался верен своему воззрению: в настоящее время принципиально осуществима трансмутация элементов. Возможность для такого превращения он видел в огромной энергии, заключенной в радиоактивном веществе. Если это подтвердится, писал Вильям Рамзай в своих "Опытах" вышедших в свет в 1908 году, то трансмутация элементов уже не покажется бессмысленной мечтой. Тогда окажется, что открыт философский камень; вполне вероятно, что осуществится и другая мечта средневековых философов, а именно: будет получен эликсир жизни, Высказывания такого рода не всегда вызывали сочувствие у собратьев по науке. Рамзая, как, впрочем, и Крукса, упрекали в том, что он хочет придать

химии "средневековые черты". Это направление непременно должно было привести к кризису в химии.

Не поддаваясь таким высказываниям, сэр Вильям Рамзай разрабатывал дальше свою теорию. На общем заседании химического общества в Лондоне, 25 марта 1909 года, в докладе "Элементы и электроны" он объявил, что, с его точки зрения, все элементы отличаются только различным числом электронов и потому могут превращаться друг в друга. Нужно только либо отщепить, либо присоединить электроны.

Рамзай признался, что до последнего времени считал это воззрение утопией, ибо не знал, как его осуществить на практике. Теперь таким средством мы располагаем; по его мнению, это - радиоактивное излучение, что подтверждается превращением радия в гелий. Рамзай доложил слушателям о своих самых последних экспериментах: попытке перевести серебро в другой элемент с помощью радиоактивного излучения. К сожалению, результат пока что был отрицательным. Рамзай умолчал о том, какой именно элемент он надеялся получить из серебра. Однако многим было ясно, что это могло быть лишь золото!

Было ли это желанной "реабилитацией" классической алхимии? Такой поворот был неожиданным - ведь алхимия, казалось, давно была выброшена на свалку истории. Ее последние приверженцы, махнув рукой, сознавались, что тайна получения философского камня безвозвратно ушла из этого мира вместе с последним умельцем. А то, что было написано в старых алхимических рукописях, как известно, мало чего стоило.

И вот теперь наступила великая победа. Радиоактивность привела к возрождению алхимии - так, по крайней мере, считали ее приверженцы. Высокочтимые ученые должны были признать, что химические элементы можно на практике превратить друг в друга.

Публикация Рамзая о "трансмутации" меди в литий вначале тоже послужила для современных алхимиков "доказательством" того, что обычные металлы ведут себя так же, как радиоактивные элементы. А уж к твердо установленному факту превращения радиоактивных элементов ничего не добавишь: образуется же радий из урана, который сам, проходя через ряд превращений, становится свинцом. Это ли не долгожданное подтверждение алхимического учения?

Истолкование радиоактивного превращения элементов было для поруганной алхимии вопросом чести. Принципиально было безразлично, превращается ли уран в радий, медь в литий или ртуть в золото. Старые и новые алхимики победно заявляли: ведь достаточно было нескольких миллиграммов радия, чтобы разрушить ту искусно созданную стену предрассудков, которая была воздвигнута против святого учения о превращении элементов.

"Забавно наблюдать, как в газетах и иллюстрированных еженедельниках в рубрике "Наука и техника" весьма осторожно подготавливают непосвященную публику к назревающему повороту",- эти слова появились в 1908 году в статье одного из энтузиастов под вызывающим заголовком "Триумф алхимии. (Трансмутация металлов)". Приверженцы алхимии аргументировали в споре по-своему. Каждому, мол, известно, что наука развивается бурно. Следовательно, овладение произвольным превращением элементов является лишь вопросом времени, и тогда мы узнаем, как искусственно получить золото в любых количествах. Предсказание Гиртаннера было-де справедливым, однако оно относится к XX столетию, а не к XIX. А что такое сто лет по сравнению с почти трехтысячелетней историей алхимии?"

Исследователи атома или алхимики?

Фредерик Содди, один из великих пионеров исследования атома, в докладе на заседании британских естествоиспытателей в 1913 году будто предугадал тайные чаяния алхимиков. "Нельзя считать невозможным превращение таллия или ртути в золото,- писал исследователь радия.- Проблема состоит лишь в том, чтобы удалить альфа-частицу из таллия либо альфа- и бета-частицы - из ртути. Подобным же образом можно было бы получить золото из свинца, удалив из него одну бета-частицу и две альфа-частицы".

Таким образом, "рецепт", столь открыто предложенный Содди, сводился к простому, на первый взгляд, превращению атома с выделением альфа- или бета-излучения. Вопрос заключался лишь в том, можно ли это вообще осуществить на практике? Сам Содди считал, что для проведения таких превращений достаточно применения высокого электрического напряжения - порядка нескольких миллионов вольт. Однако в те времена еще не располагали такой энергией. Значит, следовало подождать с получением золота. Да и было ли это вообще целью исследователей атома?

Когда в 1903 году была впервые научно доказана реальность превращения элементов и вечно неисправимые спорщики кричали о триумфе алхимии, исследователей атома меньше всего волновала проблема искусственного получения золота. Обосновать явление радиоактивных превращений, сопровождающееся выделением огромных запасов энергии, - вот в чем исследователи видели свою непосредственную задачу. Новые пути для ученых открыла знаменитая формула Эйнштейна $E=mc^2$, полученная в 1905 году, которая объясняла взаимосвязь между энергией и массой. Из формулы следовало, что теоретически возможно из 1 г вещества при полном его превращении высвободить энергию в 25 миллионов киловатт. Это - колоссальная величина. Такое количество энергии получается при сгорании 250 железнодорожных вагонов высокосортного каменного угля.

Ученые пытались ответить на вопрос, как можно осуществить превращение массы в энергию, иначе говоря: искусственно вызвать процесс радиоактивного распада. Им всегда приходилось брать в качестве примера радий. Содди очень метко сравнил бурлящий энергией атом радия с волшебной лампой Аладина из сказок 1001 ночи. Из радия тоже можно извлечь неиссякаемое богатство, если знать "фокус". Такое сравнение Содди привел, читая в 1908 году лекции в Глазго, которые в следующем году были напечатаны под названием "The Interpretation of Radium"^[54].

Примечательно также предсказание Содди о том, что источники энергии урана "еще удивительнее", чем для радия. Надо только найти пути для искусственного инициирования и ускорения распада урана, который протекает в течение миллионов лет и потому не может использоваться. По мнению Содди, такой процесс будет осуществлен лишь тогда, когда мы сможем превращать элементы по нашему желанию. Совершенно поразительное высказывание, сделанное за тридцать лет до первого реального его осуществления.

Однако Содди в своих выступлениях в 1908 году не сомневался в том, что придет день, когда в лаборатории можно будет расщеплять и создавать элементы. Тогда энергия будет в избытке. Человечеству, которое способно превращать элементы, не потребуется зарабатывать хлеб в поте лица своего. Легко представить себе, что такие люди смогли бы сделать плодородными пустыни, растопить лед полюсов и превратить весь земной шар в рай.

Как мы видим, исследователи атома, современные "алхимики" XX века, всегда преследовали совсем иные цели, чем погоню за обманчивым золотом алхимии. Разрешить вопрос о превращении элементов как проблему ядерной физики - вот их истинная задача. Однако этот вопрос рассматривался также с трезвой научно-практической стороны, о чем свидетельствует высказывание химика Вилли Марквальда. Процитируем строки из его доклада Немецкому химическому обществу в мае 1908 года: "Превратить неблагородные металлы в благородные было мечтой алхимиков. Мы узнали из свойств радиоактивных веществ, что если бы этот процесс удался, то при этом либо выделилось бы столько энергии, что по сравнению с этим цена полученного благородного металла стала бы незначительной; либо, наоборот, затраты энергии сделали бы облагораживание металла практически бессмысленным".

Глава 4

СОВРЕМЕННЫЕ АЛХИМИКИ - УЧЕНЫЕ ИЛИ ШАРЛАТАНЫ?

Вдохновляющие открытия

"Теперь я знаю, как он выглядит..."- обратился к своим сотрудникам Эрнест Резерфорд в один прекрасный день в начале 1912 года. На удивленный вопрос, что же, собственно, он имеет в виду, физик ответил: "...Атом!"

Видимо, Резерфорд открыл нечто значительное. Ведь до той поры ни один человек не имел истинного представления о том, что же такое атом. Сначала думали, что это своего рода бильярдный шар. После открытия электрона полагали, что это, скорее, электрически нейтральное образование, на поверхности которого размещены электроны, способные отщепляться. У Резерфорда тоже была своя точка зрения. Еще в мае 1911 года в работе, помещенной в лондонском "Философическом мэгэзине", он приписывал атому "центральный заряд". Ныне исследователь атома поразил своих сотрудников из Манчестерского университета новым вариантом: "Теперь я знаю, как выглядит атом в действительности: атом имеет ... ядро!"

Атомное ядро? Это было поистине нечто новое. К этому выводу Резерфорд пришел экспериментальным путем; основываясь на опытах своих сотрудников Гейгера и Марсдена, он бомбардировал платиновую фольгу альфа-частицами. При этом удалось показать, что приблизительно одна частица из 8 000 ударившихся о фольгу отклонялась, даже отбрасывалась назад. Что же могло задерживать частицу, имеющую значительную собственную массу и мчащуюся сквозь атомы со скоростью 15 000 км/с? Это могло быть только препятствие, которое было еще более плотным, чем альфа-снаряды, и при этом столь малым по размеру, что попадания были весьма редкими,- а именно ядро атома.

Дальнейшие опыты привели Резерфорда к выводу, что ядро атома заряжено положительно и величина заряда ядра совпадает с порядковым номером соответствующего элемента. Следовательно, ядро является центром мощно сжатого заряда, в котором сконцентрирована вся масса атома. Здесь находится источник невообразимой атомной энергии! Уточненную теорию существования атомного ядра Резерфорд опубликовал в августе 1912 года в "Философическом мэгэзине". Известному исследователю атома вновь удалось прорваться сквозь застывшие теоретические представления, за которыми скрывалась тайна атома.

Датский физик Нильс Бор, ставший вскоре ведущим теоретиком в области атомного учения, подхватил мысли английского коллеги и в 1913 году в нескольких работах "On the Constitution of Atoms and Molecules"^[55] высказал свои представления о новой модели атома. Атом состоит из положительно заряженного ядра, сосредоточившего в себе всю массу; ядро окружено электронами, число которых компенсирует заряд ядра и которым предписаны вполне определенные орбиты. Теперь представление об атоме становилось четким. Конечно должно было пройти некоторое время, прежде чем появились конкретные данные о строении атомного ядра. Однако уже сейчас можно было сделать ценные выводы. Источником радиоактивного излучения и местонахождением таинственной энергии атома могло быть только ядро. Напротив, за поглощение и излучение световых и рентгеновских лучей, а также за реакционную способность атомов ответственны электронные оболочки, находящиеся вокруг этого ядра. Ученые получили теперь отчетливые представления и о размерах атома: "измерив" диаметр атома, его оценили в 10^{-8} см, то есть стомиллионной частью сантиметра. Неизмеримо крошечным было ядро, которое оказалось в десять тысяч раз меньше, чем весь атом.

Еще одно значительное открытие было сделано в эти годы в физической лаборатории Резерфорда в Манчестерском университете. Молодой сотрудник Г. Мозли, работавший у Резерфорда с 1910 года, занялся определением частот рентгеновского излучения, испускаемого различными химическими элементами. Волновая природа X-лучей была установлена в 1912 году работами Макса Лауэ и физиков отца и сына Брэггов. Был также найден способ определения их длин волн при прохождении через решетки кристаллов. Отсюда можно было рассчитать частоту излучения.

Опыты Мозли заслуживают более подробного описания. Они могут дать некоторое представление о той классической простоте, с которой физики-экспериментаторы делали в то

время фундаментальные открытия. Чтобы получить желаемое рентгеновское излучение, нужно было катодные лучи, возникающие в evacuated газоразрядной трубке, направить на антикатод, изготовленный из соответствующего элемента или его соединений. Уже эта проблема была практически не простой. Кроме того, Мозли предполагал брать один за другим различные антикатодеды, чтобы легче было сравнивать спектры испускаемого рентгеновского излучения. Как это осуществить?

После многих попыток Мозли наткнулся на оригинальное решение. Он изготовил разрядную трубку из стеклянного цилиндра длиной около 1 м и диаметром 30 см. Эвакуировать воздух из трубки таких размеров было весьма затруднительно, учитывая маломощные вакуумные насосы того времени. Это удалось Мозли лишь после многих неудач. В трубку Мозли запаял рельсы игрушечной железной дороги! Пробы исследуемых веществ он поместил в маленькие вагончики, которые можно было передвигать взад и вперед и тем самым по желанию подвергать действию катодных лучей. Рентгеновское излучение, возникающее под воздействием последних, проходило через окошко, заклеенное фольгой, и падало на кристалл. Спектр рентгеновского излучения физик фиксировал непосредственно на фотопластинке.

При расшифровке рентгеновских спектров различных материалов молодой исследователь получил весьма неожиданный результат: каждому элементу можно было приписать характеристическое рентгеновское излучение, частота которого прямо пропорциональна квадрату порядкового номера соответствующего химического элемента. Когда Мозли сопоставил частоты рентгеновского излучения элементов с порядковым номером оказалось, что они возрастают от элемента к элементу на постоянную величину. В декабре 1913 года в своей первой работе "О высокочастотных спектрах элементов", опубликованной в "Философическом мэгэзине", физик писал: "Мы получили доказательство, что атом обладает какой-то основной характеристикой, которая равномерно возрастает при переходе от одного элемента к другому. Эта величина может быть только зарядом положительного ядра".

Во второй статье в апреле 1914 года Мозли указал уже на всеобщую применимость новой закономерности: для всех элементов можно однозначно определить порядковый номер на основе их рентгеновского спектра. Даже трудноразделимые редкоземельные элементы, столь схожие друг с другом, что зачастую ученые не знали, какой порядковый номер им принадлежит в периодической системе, Мозли надеялся теперь классифицировать. Он с воодушевлением сообщал Резерфорду: "Я не сомневаюсь, что мне удастся каждый редкоземельный элемент засунуть в свою дырку". Действительно, с помощью открытой Мозли фундаментальной закономерности удалось ограничить число редкоземельных элементов до 14 - элементы от 57 до 71-го.

Повсюду, где в периодической системе недоставало элементов, обнаруживались и пустоты в диаграмме Мозли: между 42-м элементом (молибденом) и 44-м (рутением), между 60-м (неодимом) и 62-м (самарием), между 71-м (лютецием) и 73-м (танталом), 74-м (вольфрамом) и 76-м (осмием). К этим еще не известным элементам с порядковыми номерами 43, 61, 72, 75 позднее добавились еще элементы с номерами 85, 87 и 91. Теперь их можно было бы очень точно обнаружить с помощью линий рентгеновского спектра. Все сделанные раньше сообщения о новых открытиях также можно было точно проверить с помощью закона Мозли. Английский физик нашел решающий критерий для классификации элементов. Бор высказал одобрение: "Работу Мозли по ее важности и значению можно поставить в один ряд с открытием периодической системы, в некотором отношении она даже более фундаментальна". Резерфорд присоединился к этому мнению. Французский химик Ж. Урбэн, открывший некоторые редкоземельные элементы и хорошо знавший всю сложность их природы, заявил, пораженный: "Закон Мозли заменяет несколько романтическую классификацию Менделеева точным научным понятием"^[56].

Если атомы разлетятся на куски...

Удивительно, что при столь хвалебных гимнах имя Мозли нельзя найти в числе нобелевских лауреатов тех лет. О нем вообще не было слышно. Трагическая причина заставила замолчать этого молодого талантливого ученого. Борьба между империалистическими державами за новый раздел мира, спровоцированная самым разбойным их представителем - германским монополистическим капитализмом, переросла в 1914 году в тяжелый кризис: разразилась первая мировая война. Эта война грубо вторглась в мирный труд интернациональной семьи исследователей атома. Мозли был призван на военную службу и погиб в 1915 году в боях за Галлиполис при Дарданеллах. Наука потеряла многообещающего талантливого ученого.

Мировая война велась с небывалым ожесточением, применялось новое оружие уничтожения - ядовитые газы. Со времени изобретения динамита мир не знал другого такого средства, полученного в научных лабораториях, которое использовалось бы столь ужасным образом для уничтожения человеческих жизней. Это была война с применением оружия, разработанного на основе естественных наук. Однако уже в те годы ученые чисто теоретически размышляли о разрушительной силе гигантских размеров - об атомной энергии. В статье Содди "Matter and Energy" ("Материя и энергия") 1912 года читаем: "Сильнейшие взрывчатые вещества, которые мы знаем, содержат едва ли миллионную часть той энергии, которая высвободится, если атомы разлетятся на куски". К счастью, рассуждал далее ученый, в наше время человечество не более компетентно в использовании атомной энергии, чем дикий, который хочет запустить паровую машину, а не знает даже, как получить огонь.

Фредерик Содди нисколько не преуменьшал те трудности, которые стоят на пути человечества в деле использования на Земле атомного огня и возможности контроля над ним: "Вероятно, человечеству придется трудиться много лет, быть может, даже столетий, чтобы найти это средство; однако цель уже у всех на виду и исследователи идут к ней самыми разными путями". Разразившаяся первая мировая война поколебала веру Содди в достижение рая на земле с помощью ядерных сил: "Можно себе представить, как бы выглядела современная война, если бы было открыто такое взрывчатое вещество!".

Что делали другие исследователи атома во время войны? Отто Хан узнал войну со всеми ее ужасами на фронте; после откомандирования в специальную химическую часть он время от времени занимался научной работой. Хан советом и делом поддерживал свою сотрудницу Лизу Мейтнер, работавшую в химическом институте Общества кайзера Вильгельма в Берлин-Далеме. Совместно им удалось в 1918 году успешно закончить работу, начатую еще до войны и прерванную военной службой Хана, по поискам "праотца" радиоактивного элемента актиния. Было несомненно, что такой исходный элемент должен существовать, ибо актиний сам не является долгоживущим элементом. Учитывая период полураспада актиния, равный 13,5 годам. Хан пришел к выводу, что он давно бы "вымер", если бы постоянно не образовывался вновь из другого элемента.

Было сделано предположение, что неизвестный радиоактивный элемент следует искать в остатках после переработки урановой смолки; это блестяще подтвердилось. В этой весьма трудно растворимой породе, окрещенной в промышленности "серая нечисть". Хан и Мейтнер нашли долгожданный радиоактивный элемент. К удивлению, это оказался не просто неизвестный радиоактивный изотоп, а вообще новый химический элемент, который занял пустую клетку 91 в периодической системе. Элемент, столь упорно скрывавшийся от их преследований. Хан и Мейтнер в шутку называли абракадабра, теперь же они окрестили его протактинием.

А другие атомщики? Чем занимались они?

Рамзай, умерший в 1916 году, до конца оставался верен своей любимой идее о превращении элементов посредством радиоактивного излучения. Мимо него также не прошли волнения военных лет, Большой патриот Англии, он резко оборвал все прежние дружественные контакты с немецкими коллегами.

Резерфорд был подчеркнуто сдержанным. В 1916 году в лекции "Излучения радия" в Манчестерском университете он заявил: конечно, человечество стремится найти пути для

использования мощных энергий, скрытых в радии; ведь из 1 кг радия за тысячелетия образовалось бы столько же энергии, сколько выделяется ее при сжигании 100 миллионов килограммов угля. Однако я надеюсь, продолжал ученый, что этот путь не будет найден до тех пор, пока люди не научатся жить в мире со своими соседями.

Резерфорду тоже пришлось отдать дань войне - британское адмиралтейство пожелало, чтобы он стал научным экспертом по вопросам защиты кораблей от вражеских подводных лодок. Однако каждую свободную минуту физик использовал в своих собственных научных интересах. Он находился в оживленной переписке с Нильсом Бором: "Мне хотелось, чтобы Вы были рядом, для того, чтобы обсудить с Вами значение некоторых моих результатов по столкновению ядер,- писал Резерфорд датскому теоретику 17 ноября 1917 года.- Мне кажется, я получил поразительные результаты. Однако работа продвигается тяжело и медленно. Для старых глаз очень трудно подсчитывать слабые сцинтилляции". Резерфорд упорно бомбардировал атомную крепость своими альфа-лучами в надежде, что однажды атом признает себя побежденным. "Я надеюсь этим путем расщепить атом,- признается он в другом письме к Бору, датированном 9 декабря 1917 года. - В одном случае я получил многообещающий результат". При столь радостных перспективах было понятно, что Резерфорд с нежеланием относился к своей военной службе. Когда однажды он получил порицание от адмиралтейства за опоздание на важное совещание, то отстранил все упреки: "Я был занят экспериментами, которые указывают на то, что атом можно искусственно расщепить. Если это так, то это гораздо важнее, чем вся ваша война!".

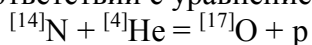
Из этих слов можно почти что сделать вывод, что исследователь находился у цели. Уж не нашел ли он способ высвободить энергию атома путем его разрушения? Трезвый, чуждый всякой сенсации текст отчета Резерфорда от апреля 1919 года, опубликованный в июньском номере "Философический мэгэзин", мог вызвать разочарование: "Столкновение альфа-частиц с легкими атомами - IV. Аномальный эффект на азоте". Однако в основе этой статьи лежало еще одно фундаментальное открытие.

Мечты алхимиков сбываются

Эрнест Резерфорд с обычным упорством подвергал бомбардировке альфа-частицами различные элементарные газы и методом сцинтилляции измерял расстояния, на которые отбрасывались атомы, составляющие молекулы газов. Атомы азота в аппаратуре Резерфорда отбрасывались альфа-частицами на 9 см. Однако затем физик обнаружил частицы, которые пробежали расстояние в 28 см.

Он установил, что это были ядра водорода, называемые также протонами. Откуда они могли появиться? Резерфорд был совершенно уверен, что в опытах он исключил даже следы водорода. После некоторого раздумья ученый нашел единственно возможное объяснение: атом водорода получился из ядра атома азота, "разрушенного" ударом альфа-частицы. Дальнейшие опыты подтвердили правильность такого предположения.

Англичанин Вильсон использовал конденсационную камеру так, что в ней пути ядер атомов и других заряженных частичек стали видимыми для человеческого глаза в виде следов конденсации. В тех случаях, когда происходили превращения ядер, в камере наблюдали не обычный путь частичек, а разветвленный. Сотрудник Резерфорда, Блэкетт, сделал фотографии следов ядер. Ему пришлось проявить 23 000 снимков, чтобы найти 8, на которых была видна такая "развилка". Это говорило о необычайно низкой вероятности столкновения или превращения. В обнаруженных восьми случаях шло превращение, наблюдавшееся Резерфордом, которое он ошибочно принял за "разрушение". На самом деле процесс протекал в соответствии с уравнением:



Атом азота (N) с массовым числом 14 превращается с помощью альфа-частицы (ядра атома гелия) в атом кислорода (O) с массовым числом 17 (изотоп обычного кислорода) и протон (ядро атома водорода). Таким образом, впервые удалось искусственно превратить один элемент в другой, ибо обнаруженное ранее превращение радия или радона в гелий является

процессом естественного радиоактивного распада. Сам Резерфорд рассчитал, что прошли бы тысячелетия, пока по этому уравнению получился бы лишь 1 мм^[3] водорода. Однако процесс шел. С помощью радиоактивного излучения можно было превратить один элемент в другой. Конечно, оставалось неясным, ограничивается ли это превращение только некоторыми, а именно легкими элементами. Или в конце концов можно будет "получать" таким путем и благородные металлы, быть может, когда-нибудь даже в весомых количествах?

Такая постановка вопроса была правомерной. Ведь меньше чем за двадцать лет после открытия радиоактивности удалось основательно пересмотреть установившуюся в науке догму об элементах и атомах, которые дальше не распадаются и не могут быть превращены друг в друга. Теперь было достаточно оснований для того, чтобы вновь восторжествовали приверженцы столь гонимой алхимии...

20 лет исследований явления радиоактивности привели к открытию большого числа радиоактивных элементов, которые можно было подразделить на три ряда естественного радиоактивного распада: ряд урана - радия, ряд урана - актиния и ряд тория. Со времени существования Земли начальные представители этих рядов превращались во множество радиоактивных изотопов. Среди них были изотопы нескольких новых элементов. Однако ни в одном из рядов последовательного радиоактивного распада золота нет.

Прошло несколько лет упорных исследований, пока было обнаружено, что соответствующие конечные продукты радиоактивных рядов, которые вначале называли радий G, актиний D и торий D, являются не чем иным, как свинцом. Однако был ли это тот же свинец, который получают из руды на предприятиях и применяют в промышленности и технике? Появившиеся сомнения рассеялись лишь тогда, когда определили его атомную массу, а затем, с помощью масс-спектрографических исследований, подтвердили, что речь идет о различных изотопах свинца:

радий G (свинец ряда урана) - свинец-206

актиний D (свинец ряда актиния) - свинец-207

торий D (свинец ряда тория) - свинец-208

Свинец естественного происхождения состоит, как и большинство элементов, из смеси нескольких изотопов. Всего только 20 химических элементов являются моноизотопными, как золото, для которого в природе существует только один устойчивый изотоп (^[197]Au). Поэтому золото обладает относительной атомной массой, численно равной 197,0.

Естественный свинец состоит из устойчивых изотопов: 204 (1,4 %), 206 (26,3 %), 207 (20,8 %) и 208 (51,5 %)^[57]. Поэтому относительная атомная масса свинца вычисляется из различных вкладов отдельных изотопов и в среднем дает значение 207,2. В результате непрерывных радиоактивных превращений содержание свинца на Земле постоянно увеличивается. Сейчас на нашей планете свинца больше, чем было в момент ее образования.

Начальный представитель ряда урана - природный изотоп ^[238]U - распадается с периодом полураспада около 4,5 миллиардов лет. Поэтом образуются, помимо других, элементы 88 (радий), 86 (радон-эманация радия), 84 (полоний) и, наконец, 82 (свинец).

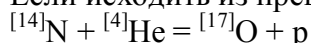
Естественный распад урана, протекающий с постоянным выделением энергии, нельзя искусственно ускорить. Должно пройти более 60 миллионов лет, чтобы из 1 кг урана в конце концов образовалось 10 г свинца. Когда физики-атомщики попытались форсировать это превращение, чтобы высвободить, быть может, огромные количества энергии в кратчайшее время, они, как известно, потерпели неудачу.

Значительно позднее, после открытия рядов радиоактивного распада, стало ясно, что и не будучи алхимиком, надо признать существование естественного распада радиоактивных элементов. Поэтому в 1919 году известие о первом искусственном, рукой человека проведенном, превращении атома стало сенсацией. Что же все-таки в конце концов, права алхимия? Напомним, что при искусственном превращении элемента азота в элемент кислород Резерфорд выбил из ядра атома протон. В качестве снаряда он в свое время использовал тяжелые альфа-частицы.

Согласно атомной модели Резерфорда - Бора ядро атома состоит из определенного числа протонов, равного заряду ядра или порядковому номеру атома в периодической системе. Так, ядро атома свинца содержит 82 протона, ядро таллия-81, ядро ртути-80, ядро золота - 79.

Как известно, еще в 1913 году Содди предложил "рецепт" для получения золота с помощью ядерной физики: золото можно было бы "сделать" из соседних элементов отщеплением (либо присоединением) одной и более альфа- либо бета-частиц или протона. Иначе говоря, полученный любым путем атом с 79 протонами является, безусловно, золотом. Немало людей в то время считали, что лучше было бы получить это золото искусственным превращением ядра на основе новейших данных Резерфорда: из таллия - отщеплением 2-х протонов; из ртути-отщеплением 1-го протона: из свинца - отщеплением 3-х протонов.

Если исходить из превращения, осуществленного английским физиком



из ртути должно получаться чистое золото, например, по уравнению: $^{196}\text{Hg} + ^4\text{He} = ^{197}\text{Au} + 3\text{p}$

Мы ни в коем случае не возьмемся утверждать, что физики преследовали именно такую цель, когда настойчиво бомбардировали альфа-лучами элемент за элементом, желая повторить на других атомах ядерное превращение, наблюдавшееся для азота. Однако последователи алхимии утверждали, что в один прекрасный день очередь дойдет и до ртути, хоть она и занимает в периодической системе только 80-е место^[58].

Прогулки по свинцовым крышам

Строго говоря, естественный радиоактивный распад урана и радия до свинца не был целью алхимиков: из чрезвычайно редкого элемента радия, во много раз более ценного, чем золото, образуется обычный свинец! Вот если бы радиоактивный ряд был хотя бы "обратимым" и можно было бы так "активировать" свинец, чтобы он превратился в такие ценные элементы, как радий или, быть может, даже золото^[59]? Вот это было бы по вкусу алхимикам!

В начале 1924 года такая отчаянная гипотеза получила новую пищу благодаря данным, опубликованным в специальной литературе. Некая Стефания Марацинеану, родом из Румынии, в бюллетене Румынской академии сообщала, что она открыла своего рода индуцированную искусственную радиоактивность. Под действием солнечных лучей свинец становился радиоактивным. Ученый мир был поражен. Еще никому не удавалось превратить устойчивые элементы в искусственно радиоактивные.

Чтобы экспериментально подтвердить свою поразительную научную находку, Марацинеану отправилась в Париж. Она получила место ассистента в Радиевом институте Марии Кюри и начала работать над диссертацией. При содействии астронома Деландра Стефании Марацинеану была даже предоставлена возможность доложить о результатах исследований форуму Парижской академии наук и опубликовать их в "Отчетах Парижской академии наук". Чтобы доказать правильность открытия, Марацинеану дошла до самых несообразных идей. Ей казалось недостаточным выставлять свинцовую жезь на солнце, чтобы потом выявить ее радиоактивность. В поисках такого превращения, для наиболее интенсивного воздействия солнечного света она залезла на древнюю крышу Парижской обсерватории и расставила там свои электроскопы чтобы делать измерения радиоактивности на месте. Конечно, для прохожих она представляла очень забавную картину!

Стефания Марацинеану систематически совершенствовала постановку экспериментов. Она испытывала куски свинцовой крыши и установила: свинец с южной стороны башни значительно активнее, чем с северной. Это она якобы доказала, обнаружив, хотя и слабое, альфа-излучение. Обратная сторона свинцовых черепиц, не подвергавшаяся воздействию солнца, во всех случаях не показывала активности.

Примечательно, что радиоактивность не исчезла в течение нескольких месяцев. У Марацинеану уже была готова теория об "обратном превращении" свинца в радиоактивный полоний и другие продукты распада; она лихо двигалась назад по радиоактивному ряду.

Покровитель и поклонник Марацинеану, профессор Деландр, дополнил ее гипотезу: быть может, солнечные лучи могли вызвать взрывы в некоторых атомах. А если не только солнце? Если это то таинственное проникающее космическое излучение, о существовании которого уже известно с некоторых пор? Деландр обнародовал это на заседании Академии наук.

В конце 1928 года широко известный научно-популярный немецкий журнал "Умшау" с воодушевлением сообщил, что открытие Марацинеану обещает много научных и технических чудес. Теперь наконец можно будет провести обратное превращение свинца в другое, радиоактивное, вещество, а также превращать и другие металлы.

Превращать свинец в радий или даже в золото - какие открывались перспективы! Что же можно обнаружить, если провести анализ свинцовых крыш, которые десятилетиями подвергались воздействию солнца? Когда в середине 1929 года Марацинеану опубликовала свои данные, удивление было полным: анализы показали присутствие ртути. Но, прежде всего, она нашла в свинце Парижской обсерватории... золото! До 0,001 %. Ибо, когда исследовательница взяла для спектральной пробы свинец с таким же содержанием золота, линии золота дали ту же интенсивность. Вывод: с течением времени часть свинца превратилась на солнечном свете в ртуть, а около одной тысячной процента - в золото! Как предполагал еще Тиффро, солнечный свет каталитически воздействовал на "процесс созревания" золота. Не только в Мексике, но и во Франции тоже!

Открытие Марацинеану вызвало наконец критику коллег. Последние уже давно следили за ее публикациями, одни с ухмылкой, другие с неприязнью, и сочли, что наступил момент вступить в спор. Его начали французские ученые Фабри и Дюбрейль в январе 1930 года, которые заявили в "Отчетах": "По данным мадемуазель Марацинеану... предпринятые опыты по превращению свинца в золото, ртуть и гелий были осуществлены благодаря длительному действию солнечного излучения. Мы обязаны сообщить, что упомянутые опыты, проведенные нами, привели к совершенно противоположным результатам... Мы не смогли обнаружить даже следов золота и ртути в образцах свинца, взятого с крыш. Никакого различия между обеими сторонами свинцовых пластин мы не нашли".

Мадемуазель Марацинеану не хотела так легко сдаваться: как известно, в свинце всегда содержатся следы ртути: если Фабри и Дюбрейль не смогли найти естественную примесь ртути, это говорит не в пользу их добросовестности как аналитиков. На поверхности свинца, обращенной к солнцу, ртуть находится в еще больших концентрациях. Она образуется из "активированного свинца" (Pb^*) с выделением альфа-излучения (добавим от себя: предположительно по уравнению: $^{206}Pb = ^{202}Hg + ^4He$).

Молодая исследовательница нашла защиту и помощь со стороны амстердамского профессора химии Смитса. Он попросил переслать ему две свинцовых плиты из Парижской обсерватории и подтвердил с помощью чувствительного электрометра Сциларда, что обращенная к солнцу поверхность свинца является радиоактивной. Обратная сторона, сообщил Смитс, практически неактивна. Поскольку другие исследователи тоже хотели получить такие образцы, то следовало опасаться, что крыша Парижской обсерватории больше не сможет служить ей защитой от непогоды. Однако все ограничилось одним испытанием. Исследовал Смитс и свинец с крыши одной из школ в Амстердаме, а также с полицейского управления города, и найденные величины, по-видимому, подтвердили гипотезу Марацинеану. Как Смитсу удалось безнаказанно добыть свои "опытные образцы", остается тайной.

Тут в научный спор вмешались другие ученые. Наконец в декабре 1929 года известный чехословацкий исследователь радиоактивности Бегоунк из Праги повторил опыты Марацинеану, хотя и был убежден в их бессмысленности. Он подвергал свинец воздействию солнечных лучей с июня по сентябрь 1929 года, то есть в период максимума солнечного излучения, даже во время повышенной солнечной активности, которая проявилась в июне с появлением двух солнечных пятен. Исследователь не нашел никакой индуцированной радиоактивности, никакой ртути, никакого золота. Бегоунк дал понять, что результаты Марацинеану были не чем иным, как "эффектами грязи".

Исследовательница отреагировала на такие предположения, как всегда, темпераментно. "Я полагаю, что электромметр господина Бегоунека менее чувствителен, чем мой", - было одним из ее возражений. Бегоунок не заставил ждать ответа: "По-видимому, у мадемуазель Марацинеану совершенно ложные представления об атмосферной радиоактивности". Наконец он выдвинул решающий аргумент в дискуссии: следует учесть не только частицы радиоактивной пыли из воздуха, но также и значительную радиоактивность дождя и снега, которую никак нельзя удалить с поверхности свинцовых крыш "водой, мылом и щеткой", как это делала Марацинеану.

Борьба мнений по поводу активированного свинца Марацинеану длилась до конца 1930 года. Несмотря на некоторые попытки переубедить научный мир, румынская ассистентка не продвинулась ни на шаг вперед. Она вернулась в Бухарест и прекратила дальнейшие споры. В конце концов от нее отказался и ее покровитель, профессор Деландр, заявивший, что публикации Марацинеану ему тоже казались "слишком поспешными".

С тайной миссией

В 20-е годы умы ученых в гораздо большей степени, чем опыты Марацинеану, занимали иные эксперименты. Серьезные ученые намеревались получить золото с совершенно определенными целями, исключительно для "отечественных нужд".

Если рассмотреть сложившееся в то время положение, то причина этого станет ясной. "Мирный договор", заключенный в Версале в июне 1919 года между воюющими империалистическими государствами, принес немецкому народу усиление эксплуатации как со стороны собственных хозяев монополий, так и со стороны иностранного капитала. В апреле 1921 года репарационная комиссия союзников установила сумму репараций, которые должна была выплатить Германия: 132 миллиарда золотых марок! Чтобы достать такую убийственную сумму, немецкому хозяйству, сотрясаемому послевоенными кризисами, пришлось бы затратить десятилетия, 132 миллиарда марок! Это соответствовало 50 т золота!

Правые круги в Германии стремились направить недовольство народа против этих огромных военных контрибуций. Ученые, в свою очередь, например Фриц Габер, думали над тем, каким образом достать такую массу золота и освободить народ от тяжести репараций.

Каким образом? Конечно, был один еще не использованный источник невероятных количеств золота. Известный шведский ученый Аррениус, с которым Габер был в дружеских отношениях, оценил это количество в 8 миллиардов тонн золота. Если бы удалось добыть даже тысячную долю, все равно это в сто раз превысило бы количество золота, подлежащее уплате державам-победительницам.

Многие знали об этом сказочном сокровище, однако никто пока еще не смог его извлечь - золото океанов. Поясним: речь идет не о сокровищах затонувших испанских кораблей, груженных золотом, а о золоте, присутствующем в виде малых примесей в морской воде. Весьма притягательной была мысль - попросту извлекать это золото из моря, а не добывать его тяжелым трудом, как обычно! Тот самый физико-химик Габер, которому удалось азот воздуха превратить в аммиак, хотел теперь отважиться на попытку извлечь золото из моря. В начале 1920 года Габер сообщил об этом в кругу своих ближайших сотрудников. В полной секретности совершались приготовления к этому большому начинанию о котором остальной мир не должен был знать. Более трех лет до лета 1923 года, затратили Габер с сотрудниками, чтобы выяснить самые насущные проблемы: аналитически точно определить концентрации золота в морях и подтвердить эти данные статистически. Содержание золота оказалось невероятно малым. За 50 лет до этого, в 1872 году, англичанин Зонштадт впервые проанализировал морскую воду из бухты Айл оф Мэн и нашел там максимально 60 мг золота на тонну, то есть на кубический метр. Другие исследователи считали, что это значение завышено. Данные колебались от 2 до 65 мг. По-видимому, они зависели от того, в каком месте Мирового океана были отобраны пробы.

На стыке веков в Англии и США делались попытки экстрагировать золото из моря в промышленном масштабе. В 1908 году эту проблему пыталось разрешить акционерное

общество под руководством Вильяма Рамзая. Вскоре в изобилии появились патенты по добыче золота из морской воды. Об удачах не было слышно. Все попытки заглохли в самом зародыше из-за очень малого содержания золота, а также присутствия многочисленных сопутствующих солей. Не было такого промышленного способа, который позволил бы отделить золото от сопутствующих веществ, то есть обогатить его и извлечь. Однако Габер хотел предпринять такую попытку. Как уже сказано, три года потратил он лишь на подготовку. Один только отбор проб воды из океанов оказался целой проблемой, ибо об этом не должны были узнать противники. Ведь после войны для Германии доступ к океанам был практически закрыт. Она должна была сдать не только военный флот, но и торговые корабли.

Не меньшего труда стоила разработка метода количественного определения золота. Для этой цели Габер предложил микроаналитический метод, который впервые позволял уловить очень малые количества золота. Он использовал способность небольших количеств свинца, осаждаемого из раствора в виде сульфида, увлекать при осаждении все золото, содержащееся в морской воде. После отделения осадка его восстанавливали и переплавкой переводили в свинцовый королек, который содержал золото и, быть может, серебро. Свинец удаляли прокаливанием, микроостаток сплавляли с бурой. В расплаве оставалось зернышко золота, размеры которого уже можно было установить под микроскопом. Из объема шарика и известной плотности золота определялась его масса. Такой процесс анализа должен был также служить основой производственного варианта для извлечения золота из морской воды. Габер предполагал сначала пропускать морскую воду через грубый предварительный фильтр, а затем, после добавления осадителя, просасывать через тонкий песчаный фильтр. Все эти и последующие операции предстояло проводить в открытом море.

После трех лет секретной работы над проблемой золота Габер уверовал в свое дело: если доверять его анализам, то вода океана содержала в среднем от 5 до 10 мг золота на кубический метр. Пришлось весьма осторожно ввести в курс дела судовые компании линии Гамбург - Америка: будет ли рентабельным процесс извлечения золота, если придется на пароходах перерабатывать гигантские количества воды? Результаты были обнадеживающими: добыча нескольких миллиграммов золота на тонну морской воды покрывает производственные затраты, а превышающие это количество 1 или 2 мг пойдут в прибыль. Осуществление проекта согласились финансировать такие концерны, как "Предприятие по выделению серебра и золота" (Degussa) во Франкфурте-на-Майне и "Банк металлов", сделавшие этот "широкий жест", вероятно, не только из патриотических побуждений. Габер мог создавать свою плавучую опытную лабораторию. Он хотел планомерно объехать Мировой океан, чтобы исследовать, где же больше всего золота.

На перестроенной канонерке "Метеор", от которой остался только корпус и которую переоборудовали в "океанографическое исследовательское судно", искатели золота вышли в море в апреле 1925 года. Они должны были возвратиться из своего путешествия в начале июня 1927 года.

Циркулируя взад и вперед между побережьями Америки и Африки, экспедиция отобрала свыше 5000 проб воды, которые были отосланы в специальных запломбированных сосудах в институт в Берлин-Далеме. Еще несколько сот проб были получены с других кораблей из бухты Сан-Франциско и с побережий Гренландии и Исландии. Советские коллеги прислали Габеру образцы воды из Северного Ледовитого океана.

В мае 1926 года в докладе "Золото в морской воде" Фриц Габер впервые открыл тайну и сообщил о шансах получения золота из морской воды. Приведенный им баланс был уничтожающим: "Золота не будет!".

Результаты первых анализов оказались ...неверными! Вкрадись методические ошибки, сразу не обнаруженные, которые давали завышенное содержание золота. Слишком велика была вера в классическое химическое пробирное искусство. Вначале не было также навыков по разделению микроколичеств золота и серебра, в результате чего выделялось золото, содержащее серебро. Профессору Габеру потребовалось длительное время, чтобы найти самые существенные источники ошибок и исключить их. В конце концов с помощью

усовершенствованного метода он мог определить с достоверностью даже миллионную часть миллиграмма ($10^{[-9]}$ г) золота. Совершенно не была учтена возможность занесения микроколичеств золота извне. Золото в виде следов присутствует повсюду: в реактивах, сосудах, посуде. Это - небольшие количества, но их достаточно, чтобы исказить результат микроанализа и привести к нереально завышенным значениям.

В итоге вместо 5-10 мг золота в кубическом метре морской воды Габер нашел лишь тысячную долю: в среднем от 0,005 до 0,01 мг. Только у побережья Гренландии содержание золота возросло приблизительно до 0,05 мг/м^[3]. Однако золото такой концентрации можно было найти лишь в воде, полученной после таяния пакового льда.

Габер исследовал также золотоносный Рейн, однако не под впечатлением сказания об исчезнувшем "рейнском золоте" Нибелунгов; скорее, он учитывал тот факт, что еще сто лет назад земля Баден добывала для чеканки своих монет золото на приисках этой реки. Габер нашел в среднем 0,005 мг золота на кубический метр воды. С хозяйственно-производственной точки зрения рейнское золото так же не представляло ничего привлекательного - таково было мнение Габера. Конечно, с водой Рейна уплывает ежегодно почти 200 кг золота, растворенного в более чем 63 миллиардах кубических метров воды. Однако, кто его добудет? Золото в концентрациях $(1-3) \cdot 10^{[-12]}$, то есть 3 части золота на 1 000 000 000 000 частей речной воды. Габер не видел возможности для рентабельной переработки столь малых следов золота.

Разочарованный ученый считал, что, возможно, где-нибудь в океане и существуют пространства, в которых благородные металлы находятся в концентрациях, благоприятствующих их промышленному использованию. Габер смирился: "Я отказываюсь искать сомнительную иголку в стоге сена^[60]".

Этот источник золота также оказался закрытым для человечества.

Волшебная лампа Адольфа Мите

"Подумать только, в гуще наших бедствий - политических, хозяйственных и социальных - появляется светлый луч, яркое сияние, утешение и надежда..." Такое поразительное высказывание можно было прочесть в популярной дрезденской газете в июле 1924 года. Только что сообщалось о конференции союзников в Лондоне, которая настаивала на скорейшей уплате репараций, и вот вдруг такая новость!

Причиной "яркого сияния" было золото, искусственно полученное золото. Ученый, известный до этого времени только в узком кругу специалистов, тайный советник Адольф Мите (из Высшей технической школы), стал вдруг знаменит своим открытием по превращению ртути в золото с помощью электрических разрядов.

Такое великое научное деяние совершилось как раз в нужный момент; это подчеркивалось в газетном сообщении: "Германия теперь овладела тайной и сможет откупиться от тяжести репараций; она сможет прокормить и одеть свой народ; золотой ключ откроет неслыханные перспективы..." Сообщения в прессе следовали одно за другим. Говорили о "победном шествии немецкого гения".

"Первое золото, изготовленное рукой человека".

"Золото из ртути - всемирно-историческое достижение немецкой науки".

Однако слышались и голоса скептиков, призывавших к осторожности. Уже давно ходили слухи о горах искусственного золота, которые производились в полной тайне. Время от времени ученых поражали сообщениями, подобными тому, что появилось 19 января 1922 года в "Хемикер цейтунг" под заголовком: "Последние открытия и сообщения". Немецкий химик якобы получил искусственное золото в электрической печи. Во всяком случае так об этом доложил профессор Йельского университета Ирвин Фишер в своем докладе. "Хемикер цейтунг" с иронией комментировала: "По-видимому, все сообщения стремятся только к тому, чтобы доказать платежеспособность Германии".

Писатели-фантасты также давали пищу для представлений о штабелях искусственного золота, которые в тайне накапливает Германия. Шовинистический роман Рейнхольда Эйхакера, появившийся в 1922 году, назван: "Борьба за золото". Нас интересует лишь

"научное" разрешение вопроса, предлагаемое автором. Герой романа, немецкий инженер Верндт, умеет улавливать энергию солнечного излучения, "ураганный поток квантов энергии", с помощью мачты из нового сплава алюминия длиной в 210 м; эта энергия, превращенная в несколько миллионов вольт, позволяет ему отщеплять от каждого атома свинца две альфа-частицы и одну бета-частицу. В мгновение ока Верндт фабрикует 50 000 т репарационного золота. Весь мир заполняется искусственным золотом.

Неужели пришел "конец золота" и справедливо все то, о чем так увлекательно поведал нам Рудольф Дауман в своем фантастическом романе, описывающем будущие события 1938 года? Немецкий профессор химии по имени Баргенгронд открывает в США способ получения золота путем атомного превращения, в результате чего за ним гоняется банда гангстеров. После дикого преследования удается вырвать у профессора его тайну: золото можно получить, если отщепить от висмута две альфа-частицы при помощи "ритмизированных О-лучей"- очень жесткого рентгеновского излучения. Когда герою романа Даумана посчастливилось сконструировать мощные рентгеновские трубки, он начинает изготавливать золото центнерами. Капиталистические рынки золота рушатся, мировой биржевой крах приводит к обесцениванию золота. Но тут удается открыть, как отличить искусственное золото от природного. Это невозможно сделать химическим путем, а только физическими методами. Теперь искусственное золото ни с чем не спутаешь.

Отдадим должное фантазии авторов романов. Однако, если верить сенсационным газетным сообщениям июля 1924 года, то уже в 1924 году стало реальностью все то, о чем обычно пишут в утопических романах. Профессор Мите и его ассистент Штамрайх уже нашли долгожданный "арканум", тот самый тайный рецепт для получения философского камня, а с ним вновь открыли, как ртуть превратить в полновесное золото. Что же произошло?

Мите имел хорошую репутацию в кругах специалистов. Тайный советник считался одним из основателей цветной фотографии, сделал несколько открытий в области оптики и стал известен своим процессом изготовления искусственных драгоценных камней. А вот теперь к тому же он делает искусственное золото. В тот момент, когда ему посчастливилось сделать "открытие века", он руководил фотохимической лабораторией Высшей технической школы в Шарлоттенбурге. Мите всегда был немножко со странностями. Немногие его фотографии подтверждают это; они изображают пожилого человека с угрюмым сверлящим взглядом.

Уже в течение нескольких лет Мите занимался окрашиванием минералов и стекла под действием ультрафиолетовых лучей. Для этого он использовал обычную ртутную лампу - эвакуированную трубку из кварцевого стекла, между электродами которой образуется ртутная дуга, излучающая ультрафиолетовые лучи.

Позднее Мите пользовался новым типом лампы, дававшим особенно высокий энергетический выход. Однако при длительной эксплуатации на ее стенках образовывались налеты, которые сильно мешали работе. В отслуживших ртутных лампах тоже можно было обнаружить такие налеты, если отогнать ртуть. Состав этой черноватой массы заинтересовал тайного советника, и вдруг, при анализе остатка от 5 кг ламповой ртути, он нашел ... золото! Золото из ртути?!

"Еще десять лет назад такое обстоятельство едва ли привлекло внимание,- писал Мите в своем первом сообщении от 4 июля, опубликованном в журнале "Натурвиссеншафтен" 18 июля 1924 года.- Тогда не верили в возможность превращения одного элемента в другой и сочли бы такой факт ошибкой. Сегодня мы не можем оставить это наблюдение без внимания ..." Мите уверял, что он долго колебался, сообщать ли об этом открытии из-за невероятности процесса, хотя "твердые данные" у него были еще в апреле этого года.

Мите раздумывал: возможно ли теоретически, чтобы в ртутной лампе ртуть в результате разрушения атома распалась до золота с отщеплением протонов или альфа-частиц. Мите и его сотрудник Штамрайх проводили многочисленные опыты, замороженные идеей такого превращения элементов. Исходным веществом служила ртуть, перегнанная в вакууме. Исследователи полагали, что она не содержит золота. Подтвердили это также анализы

известных химиков К. Гофмана и Ф. Габера. Мите попросил их исследовать ртуть и остатки в лампе, хотя не сообщил, какие цели он преследует.

Этой ртутью, по аналитическим данным свободной от золота, Мите и Штамрайх заполнили новую лампу, которая затем работала в течение 200 ч. После отгонки ртути они растворили остаток в азотной кислоте и увлеченно рассматривали под микроскопом то, что осталось в стакане: на покровном стекле сверкал золотисто-желтый агломерат октаэдрических кристаллов. Блестящий металл растворялся только в царской водке и давал все известные реакции "царя металлов". То было чистое золото! С этого времени его открыватели были глубочайшим образом убеждены, что они осуществили "распад атома ртути" до золота.

После появления выпуска "Натурвиссеншафтен" с "предварительным сообщением" Мите о сенсационной находке пресса дня под огромными заголовками сообщала об этом открытии и уже предсказывала возможные его последствия для мировой валюты. Репортеры постоянно осаждали фотохимическую лабораторию Высшей технической школы. У Мите теперь не было спокойной минутки; в редакциях ухмылялись: нельзя безнаказанно быть открывателем искусства изготовления золота.

Однако ученый подчеркивал в "Берлинер локаль анцейгер": "Хотелось бы сразу в корне пресечь мнение, что открытое нами искусство получения золота позволяет добывать золото в любых желаемых количествах. Это невозможно...". Над такими словами понимающе посмеивались - даже тогда, когда Мите назвал цену искусственного золота, рассчитанную из расхода материалов и энергии: 20 миллионов марок за 1 кг. Обычная товарная цена 1 кг чистого золота составляла тогда 3000 марок. Эти оговорки не принимались всерьез: конечно, ведь процесс сейчас разработан в лабораторном масштабе: несомненно, он будет вскоре значительно удешевлен. Открытием Мите заинтересовались электрические концерны, и не зря. Сам же он сделал патентную заявку на свой процесс!

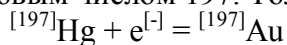
Реакция прессы была однозначной: 3 августа берлинская "Иллюстрирте цейтунг" на первой странице напечатала большой портрет Мите с подписью "Алхимик". Подозреваем, что господин тайный советник не без удовольствия купался в лучах своей славы. В лаборатории он установил мемориальную доску, чтобы оповестить следующие поколения о месте и дате первого превращения ртути в золото.

Отклик коллег был двояким. Ф. Габер и К. Гофман, которых даже в газетах именовали свидетелями удачного превращения, письменно отказались участвовать в опытах. Вероятно, они опасались за свою научную репутацию: искусство алхимии было слишком сомнительным. К тому же Габер был недоволен скрытничеством Мите: пересланные им пробы были засекречены, да и в публикациях Мите совершенно не было конкретных данных. Однако, по понятным причинам, известный ученый все же заинтересовался этим новым источником золота. Габер начал повторять опыты Мите. Физико-химика занимала, прежде всего, научная сторона проблемы: распад нерадиоактивного элемента, стоящего в периодической системе вблизи радиоактивного, в соседний элемент, который случайно оказался столь желанным золотом. "Это было поразительное и невероятное наблюдение,- говорил Габер позднее, оценивая задним числом "открытие" Мите и Штамрайха,- однако какое-то неопределенное чувство говорило все же в его пользу".

За границей не менее заинтересованно следили за победными сообщениями о превращении ртути. Известный лондонский журнал "Нейчур" напечатал высказывание Содди от 16 августа 1924 года. Исследователь атома напомнил, что он уже давно предсказывал возможность превращения ртути в золото на основе современных представлений о строении атома. Сложность же состояла в том, чтобы обнаружить такое превращение; до сих пор оно было достигнуто лишь в невесомых количествах для других элементов, и только путем ядерных превращений. Поразительно, если Мите действительно обнаружил весомые количества искусственно получаемого элемента, который можно химически идентифицировать. Однако Содди не думал, что золото образовалось путем отщепления альфа-частицы или протона. Скорее можно говорить о поглощении электрона: если последний обладает достаточно большой скоростью, чтобы пронзить электронные оболочки атомов и

внедриться в ядро, тогда могло бы образоваться золото. При этом порядковый номер ртути (80) уменьшается на единицу и образуется 79-й элемент - золото!

Теоретическое высказывание Содди подкрепило точку зрения Мите и всех тех исследователей, которые твердо уверовали в "распад" ртути до золота. Однако не учли того обстоятельства, что в естественное золото может превратиться лишь один изотоп ртути с кассовым числом 197. Только переход



может дать "настоящее" золото.

Существует ли вообще изотоп ^{197}Hg ? Относительная атомная масса этого элемента 200,6, называвшаяся тогда атомным весом, позволила предполагать, что имеется несколько его изотопов. Ф.В. Астон, исследуя каналовые лучи, действительно нашел изотопы ртути с массовыми числами от 197 до 202, так что такое превращение было вероятным. По другой версии, из смеси изотопов $^{200,6}\text{Hg}$ могло образоваться и $^{200,6}\text{Au}$, то есть один или несколько изотопов золота с большими массами. Это золото должно было бы быть тяжелее. Поэтому Мите поспешил определить относительную атомную массу своего искусственного золота и поручил это лучшему специалисту в этой области - профессору Гонишмидту в Мюнхене.

Конечно, количество искусственного золота для такого определения было весьма скудным, однако большего у Мите пока не было: королек весил 91 мг, диаметр шарика 2 мм. Если сравнить его, другими "выходами", которые получал Мите при превращениях в ртутной лампе - они в каждом опыте составляли от $10^{[-2]}$ до $10^{[-4]}$ мг,- это был все же заметный кусочек золота. Гонишмидт и его сотрудник Цинтль нашли для искусственного золота относительную атомную массу $197,2 \pm 0,2$. Значит, "другого" золота не получилось.

Постепенно Мите снял "секретность" со своих опытов. 12 сентября 1924 года журнал "Натурвиссеншафтен" опубликовал сообщение из фотохимической лаборатории, в котором впервые были приведены экспериментальные данные и более подробно описана аппаратура. Выход тоже стал известен: из 1,52 кг ртути, предварительно очищенной вакуумной перегонкой, после 107-часового непрерывного горения дуги длиной в 16 см, при напряжении от 160 до 175 В и токе в 12,6 А Мите получил целых $8,2 * 10^{[-5]}$ г золота, то есть восемь сотых миллиграмма! "Алхимики" из Шарлоттенбурга уверяли, что ни исходное вещество, ни электроды и провода, подводящие ток, ни кварц ламповой оболочки не содержали аналитически определяемых количеств золота.

Иностранная конкуренция

В тот день, 5 декабря 1924 года, большая физическая аудитория Высшей технической школы в Шарлоттенбурге была набита битком. Немецкое общество технической физики собралось на заседание, в программе которого значилось: "Профессор А. Мите: Об образовании золота из ртути (с демонстрациями)". Так многообещающе гласило объявление. Тайный советник Мите впервые публично выступил перед представителями науки. Его слушали с большим вниманием.

Докладчик сообщил, что в последние недели он менял постановку опытов. Лучше всего работа шла с обычными ртутными разрядными трубками. Однако пока не известны точные условия, при которых из ртути образуется золото. Повторяя предыдущие опыты, Мите вдруг совсем не нашел золота. Выход тоже сильно колебался. До сих пор ему удавалось получить, самое большее, десятую миллиграмма золота из 1000 г ртути. Мите объявил своим слушателям, что вскоре предстоит разрешить основополагающий вопрос: удастся ли превратить всю ртуть в золото или только малую часть? Объявленные "демонстрации" привлекли много любопытных, которые не заглядывали обычно на научные собрания. Ведь не каждый день показывают, как сделать золото. Именно этого, вероятно, ожидали, прочитав объявление. Мите, специалист по фотографии, представил только цветные диапозитивы: фотографии золота, которое он "искусственно" получил из ртути, вдобавок фотографию агатовой ступки с первой полученной пробой золота "исторический экспонат", как гордо отметил оратор. Такое золото, сфотографированное при 300-кратном увеличении и

спроецированное на стену, импонировало. При демонстрациях лишь немногие поникали, что речь идет о крошечных кристалликах.

В заключение своих изъяснений Мите призвал слушателей и всех ученых убедиться в истинности превращения ртути в золото: опыты эти может проделать всякий, ибо условия для этого есть в каждой лаборатории. Обычную ртутную лампу можно включить повсюду. Конечно, следует вооружиться некоторым терпением, так как не каждый опыт дает положительные результаты. Эксперименты такого рода надо ставить как можно скорее, поскольку следует опасаться, что за границей ушли гораздо дальше в вопросе изготовления золота.

Мите намекнул на известие, которое он недавно получил. Германское посольство в Токио сообщало, что исследователи из Берлин-Шарлоттенбурга не одиноки в своих попытках получения золота из ртути. Научный работник Нагаока экспериментировал в Токио над превращением ртути с помощью электрических разрядов высокого напряжения. Мите и Штамрайх могли бы позавидовать благоприятным условиям работы японца. Нагаока проводил опыты с напряжением в несколько миллионов вольт вместо смехотворных 175 В Мите. Слой ртути пробивался искровым разрядом длиной в 120 см. Однако берлинский экспериментатор мог утешиться: выход золота был не выше, чем у него.

Оказывается, в Соединенных Штатах тоже не дремали. Вскоре после того как стали известны опыты Мите, Нью-Йоркскому университету было поручено изучить основы процесса превращения ртути для оценки возможностей его технического воплощения. Интерес американской общественности был разбужен. Финансовые и банковские воротилы Уолл-стрита, хранившие самые большие в мире запасы золота, стали опасаться, что где-либо скопятся еще более мощные, чем в Форт-Ноксе, количества золота, да к тому же еще и искусственного. На горизонте показался призрак золотой инфляции.

В качестве представителя перепуганной "империи доллара" слово взял научно-популярный развлекательный журнал "Сайнтифик америкэн". Журнал объявил конкурс и предоставил денежные средства для научных экспериментов, чтобы установить истину как в интересах науки, так и для государственных финансов.

В Нью-Йоркском университете исследованиями руководил профессор Шелдон. Он проверял опыты Мите и сам искал оригинальные решения вопроса, как из ртути приготовить золото. Чикагский университет сообщал, что собирается проводить опыты с потоком электронов. Сотрудники университета предполагали бомбардировать атомы со скоростью в тысячу раз большей, чем в ртутной лампе Мите.

Вероятно, самая сумасшедшая идея в "стране неограниченных возможностей" пришла в голову тому изобретателю, который - если верить сообщениям того времени - подготовлял гигантский проект, используя огромные водные мощности Ниагарского водопада, этот фантаст хотел превратить 35 миллионов лошадиных сил в электрическую энергию и воздействовать ею на несколько сот килограммов ртути, чтобы получить из нее чистое золото. Америка была воодушевлена. Критические голоса требовали прекращения этого широко задуманного предприятия, но их заставили умолкнуть. Раздавались требования непременно провести "эксперимент века", даже если это приведет к падению курса доллара на Нью-Йоркской бирже. Многочисленные зеваки расположились на смотровых башнях, построенных вокруг Ниагарского водопада. Они хотели принять участие в зрелище, увидеть, как человек проникает в "процесс божественного созидания" и сам создает золото. Как же окончится этот спектакль?

Ответ дает точная наука

Многие химики, объединенные в Немецкое химическое общество с осуждением смотрели на чужака Мите, который собирался сделать карьеру за их счет. Однако одним недоверием нельзя было изобличить Мите, а получить доказательства можно было, только имея надежную информацию. Поэтому "алхимиков" из Шарлоттенбурга пригласили сделать отчет перед обществом об их выдающихся работах. Что это - реверанс перед алхимией?

Если прочесть протокол заседания от 15 июня 1925 года, то ощущаешь необычайную напряженность, в которой протекало это собрание. Председатель, Макс Боденштейн, приветствовал многочисленных присутствующих, быстро обсудил внутренние вопросы общества, чтобы вслед за этим перейти к главному. Затем место на кафедре занял Мите и начал говорить "об образовании золота из ртути". После этого Штамрайх должен был доложить об "обнаружении образования золота из ртути". На этот раз не было других докладов, которые обычно освещают многие стороны химических исследований, В этот день, 15 июня 1925 года, на повестке дня общества стоял лишь один вопрос: искусство делать золото. Мите доложил о своих новейших достижениях. Поввысился выход золота в равномерно работающих дуговых лампах. Он сообщил, что в исследовательской лаборатории всемирно известной фирмы Сименса были также начаты самостоятельные опыты. У Сименса исследователи Думе и Лотц определили, что золото образуется даже при пропускании через ртуть тока достаточной силы.

Примечательно, что в последовавшей за этим дискуссии практически не выражались сомнения, а скорее тихое, безмолвное удивление. В этом была немалая вина Фрица Габера. Он повторял опыты Мите и теперь сообщил, что, как и его коллега, обнаружил золото. Габер не мог не поздравить господина Мите с этим "научным достижением, самым замечательным за последние десятилетия". Другие ученые заглушили свои сомнения: тайный советник Габер считался авторитетом в химической науке, его способ определения микроколичеств золота должен быть неуязвимым.

Однако вскоре наступил перелом. Подозрений у химиков возникало тем больше, чем больше признаний делал Мите. Золото то образуется, и всегда в минимальных количествах, то снова не образуется. Никакой пропорциональности не обнаруживается, то есть количества золота не возрастают с увеличением содержания ртути, повышением разности потенциалов, при большей длительности работы кварцевой лампы. Получалось ли действительно искусственно то золото, которое обнаруживали? Или оно уже присутствовало раньше? Быть может, Мите - такая же жертва самообмана, как и его предшественники-алхимики, которые, сами того не ведая, обогащали незначительные примеси золота?

Источники возможных систематических ошибок в методе Мите проверяли несколько ученых из химических институтов Берлинского университета, а также из лаборатории электрического концерна Сименса. Химики прежде всего детально изучили процесс перегонки ртути и пришли к удивительному заключению: даже в перегнанной, казалось бы, не содержащей золота ртути всегда имеется золото! Оно либо появлялось в процессе перегонки, либо оставалось растворенным в ртути в виде следов, так что его нельзя было сразу обнаружить аналитически. Только после длительного стояния или при распылении в дуге, вызывавшем обогащение, оно вдруг вновь обнаруживалось. Такой эффект мог вполне быть принят за образование золота.

Эти новые факты уже в августе 1925 года привели коллег из университета к выводу: "Образование золота из ртути, по данным Мите и Штамрайха, по меньшей мере, плохо воспроизводится". Когда путем многократной перегонки в высоком вакууме была действительно получена ртуть, не содержащая золота, то с ней в ртутной лампе золота совсем не образовывалось.

Выявилось еще одно обстоятельство. Использованные материалы, в том числе кабели, идущие к электродам, и сами электроды,- все содержало следы золота. Габер, который это установил, смог показать, что "превращение" ртути в золото практически происходило до тех пор, пока пары ртути извлекали золото из материала электродов

По мнению Фрица Габера, вполне можно было ошибиться приняв обнаруженные в таких опытах следы золота за искусственно полученные. Он привел в качестве примера своего сотрудника обнаружившего при каких-то аналитических исследованиях следы золота, которые другие не находили. Этот аналитик имел привычку часто снимать или сдвигать свои очки в золотой оправе. Затем он теми же руками брал крошечный кусочек чистого свинца, чтобы поместить его в тигель для пробирного анализа. Такой "ошибки" было достаточно, чтобы

обнаружить микропримеси золота в свинце. Габер установил также, что золото в измеримых концентрациях переносится воздухом. Он профильтровал несколько сотен литров воздуха из помещений своего института через целлюлозу, пропитанную солью свинца, и аналитически обнаружил золото. После этого Габер стал проводить перепроверку данных Мите только в тех помещениях, где никогда не работали с золотом или вообще не проводили никаких опытов. Кроме того, его сотрудники должны были предварительно тщательно очистить эти помещения, даже заново их покрасить.

При минимальных концентрациях золота, лежавших на пределах точности определения, первоочередной проблемой становилась опасность увлечения посторонних следов золота. Следовательно, ошибка возможна, разъяснял Габер. Такая ошибка исключена, если будет обнаружено, что количество найденного золота нарастает, притом пропорционально взятому количеству ртути и длительности опыта. Лишь в этом случае результатам можно доверять.

Исследователи лаборатории акционерного общества "Сименс и Хальске" в Берлине, которые, как и Габер, усердно выискивали какое-либо пропорциональное увеличение выхода золота, в конце концов заявили, что удалось установить только одну "пропорциональность": с *возрастанием* числа найденных источников ошибок и их устранением в опытах количество золота все больше *уменьшалось!*

Да, с искусственным золотом из "волшебной лампы Мите" дела были плохи. На совещании физиков в Данциге в сентябре 1925 года Мите дали это почувствовать, после того как он сделал обзор своих работ. Началась горячая дискуссия. Физики тоже перестали верить в трансмутацию ртути.

Несколько позже, в ноябре 1925 года, на научном съезде в Берлине Мите горько жаловался, как много драгоценного времени приходится затрачивать на то, чтобы экспериментальным путем опровергнуть обвинение в загрязнении ртути золотом. Ведь тайный советник все еще верил в свои результаты, все еще клялся, что образовалось искусственное золото.

10 мая 1926 года Немецкое химическое общество вновь разослало приглашения на "заседание алхимиков"- так вполне можно было его назвать, ибо четыре доклада касались опытов Мите. "Изобретатель" тоже присутствовал, но лишь в качестве гостя. Ему собирались дать слово только в дискуссии, для того чтобы он мог защищаться. На этот раз ветер подул уже не в ту сторону, что год назад на заседании, посвященном этой же теме.

Докладчики - профессора и исследователи из институтов Берлинского университета, из исследовательской лаборатории концерна Сименса, а также Фриц Габер из Института химии и электрохимии Общества кайзера Вильгельма - сообщали о своих опытах, которые во всех случаях привели к отрицательным результатам. Для некоторых ученых это не было новостью. Габер привлек новые данные еще 3 марта 1926 года на заседании Общества кайзера Вильгельма в Берлине в докладе "К вопросу о превращаемости химических элементов". Кроме того, в специальном журнале появилась его статья под заголовком: "О мнимом образовании искусственного золота из ртути".

На заседании Химического общества доклад Габера был убедительным. Он доложил, что все эксперименты после исключения источников ошибок дали отрицательные результаты, и заключил: "Таким образом, мы окончательно прекращаем все опыты по трансмутации как бесперспективные".

Загнанный в тупик вопросами химиков Мите должен был открыть происхождение тех 91 мг "искусственного" золота, которые послужили для определения относительной атомной массы. По сравнению с теми миллионными долями грамма, которые он обычно обнаруживал, это было необычайно большое количество. Как получил он это золото? Мите признался, что золото было добыто из ртути старых разрядных ламп. Он тогда полагал, что ртуть из ламп по своей природе не может содержать золота. После такого объяснения Габер не смог сдержать недовольства: как это Мите позволил себе послать такие остатки для определения атомной массы. Конечно, это было природное золото. Поэтому относительная атомная масса "искусственного" золота столь отлично совпала с данными для природного элемента!

К концу заседания Габер нашел несколько утешительных слов для разочарованного алхимика: "Только благодаря невероятно трудоемким работам господ Мите, Штамрайха и Нагаока стал известен тот неожиданный факт, что в ртути и других металлах, находящихся в природе, содержится благородный металл. По этой причине их усилия, безусловно, не пропали даром для химической науки... На основании их опытов мы пришли к абсолютной уверенности, что при использовании указанных здесь средств золота не образуется".

Было ли это уже концом? Скорее всего, нет. Некоторые вопросы оставались открытыми. Все еще существовало убедительное заявление физиков-атомщиков, согласно которому такая трансмутация возможна с точки зрения атомной теории. Как известно, при этом исходили из предположения, что изотоп ртути ^{197}Hg поглощает один электрон и превращается в золото. Однако такая гипотеза была опровергнута сообщением Астона, появившемся в журнале "Нейчур" в августе 1925 года. Специалисту по разделению изотопов удалось с помощью масс-спектрографа с повышенной разрешающей способностью однозначно охарактеризовать линии изотопов ртути. В результате выяснилось, что природная ртуть состоит из изотопов с массовыми числами 198, 199, 200, 201, 202 и 204. Следовательно, устойчивого изотопа ^{197}Hg вовсе не существует! Если бы бомбардировка ртути электронами действительно давала золото, то оно должно было бы иметь более высокую относительную атомную массу, чем природное, по меньшей мере 198. К такому выводу пришел Астон. Однако такие неизвестные изотопы золота были бы, по всей вероятности, неустойчивыми. Если бы они образовались, то их очень легко было бы обнаружить по радиоактивности.

Следовательно, нужно считать, что получить естественное золото-197 из ртути обстрелом ее электронами теоретически невозможно и опыты, направленные на это, можно заранее рассматривать как бесперспективные. Это в конце концов поняли исследователи Харкинс и Кей из Чикагского университета, которые взялись было за превращение ртути с помощью сверхбыстрых электронов. Они бомбардировали ртуть (охлаждаемую жидким аммиаком и взятую в качестве антикатада в рентгеновской трубке) электронами, разогнанными в поле 145 000 В, то есть имеющими скорость 19 000 км/с. Аналогичные опыты проделывал и Фриц Габер при проверке опытов Мите. Несмотря на весьма чувствительные методы анализа, Харкинс и Кей не обнаружили и следов золота. Вероятно, полагали они, даже электроны со столь высокой энергией не в состоянии проникнуть в ядро атома ртути. Либо образовавшиеся изотопы золота столь неустойчивы, что не могут "дожить" до конца анализа, длящегося от 24 до 48 ч.

Таким образом, представление о механизме образования золота из ртути, предложенное Содди, было сильно поколеблено. Попытки других толкований с точки зрения ядерной физики также наткнулись на непреодолимое препятствие. В ртутной лампе, кроме золота, находили также и серебро, часто в больших количествах. С позиций теории строения атома образование серебра (заряд ядра 47) из ртути (заряд ядра 82) нельзя объяснить. До сих пор были известны лишь радиоактивные превращения одного элемента в другой, непосредственно соседствующий в периодической системе. В своем заключительном слове, обращенном к Мите, Габер говорил: "Возникновение серебра из ртути означало бы новый тип превращения элементов - распад ядра на две половины". О таком "делении ядра" еще не мечтали даже теоретики атома.

В докладе в марте 1926 года Габер сказал: "Решение алхимических проблем остается пока на том самом месте, до которого довел их Резерфорд, а именно на превращениях атомов в ничтожных количествах, которые находятся далеко за порогом химической чувствительности". Однако, никто не может считать, - к такому примечательному заключению пришел Габер, - что это невозможно, раз это не удавалось никому. Быть может, с дальнейшей разработкой технических источников тока и более полным овладением высокими напряжениями будет подготовлена почва для более успешных опытов.

Чего же достигли американцы в использовании мощных энергии Ниагарского водопада с целью превращения ртути в золото? Широко задуманный эксперимент закончился неудачей. Гигантские энергии с необычайной силой вырвались на свободу и разрушили всю установку.

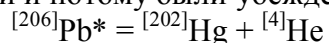
Золота не получили. Исторического подтверждения этого происшествия найти невозможно, поскольку речь идет лишь о фантастической картине писателя Ганса Доминика, нарисованной им в утопическом романе, который был выпущен в 1927 году.

Вернемся к точной науке. Какие результаты получил профессор Шелдон из Нью-Йоркского университета при проверке опытов берлинца Мите? Сначала Шелдон проводил эксперименты с теми ртутными лампами, которые продавали в Америке. Он заполнял их ртутью, совершенно не содержащей золота. Поскольку в этих экспериментах золото не было обнаружено, Шелдон специально попросил прислать ему из Германии одну из тех ртутных ламп, которые использовал Мите. И здесь успеха не было... В ноябре 1925 года журнал "Сайнтифик америкэн" смог заверить всех заинтересованных лиц, что "финансовая основа цивилизованного мира не находится в опасности".

Несмотря на последние неутешительные результаты, у тайного советника Мите нашлось много последователей. Профессор Смитс из Химического института Амстердамского университета с 1924 по 1928 год гонялся за сходным призраком. Он хотел подобно Мите в его опытах с ртутью добиться распада атома свинца. По его мнению, при этом должны были возникнуть таллий и ртуть, быть может, с образованием альфа-излучения. Эта гипотеза сближала его, как уже известно, с уроженкой Румынии, Марацинеану.

Смитс не пожелал идти по следам алхимиков. Он обосновал свое решение следующим образом: "Я начал со свинца, ибо предполагал, что, быть может, конечный продукт самопроизвольных радиоактивных превращений можно искусственно возбудить для дальнейшего распада. Изучение свинца привлекает еще и потому, что уже самая незначительная трансмутация до ртути очень чувствительно улавливается спектральным путем; этот же метод, как известно, совершенно непригоден для обнаружения малых следов золота в ртути".

Смитс и его сотрудник Карсен сконструировали специальную кварцевую свинцовую лампу, которая содержала расплавленный свинец, и опубликовали фотографию этого прибора, напоминающего конструкции алхимиков. Они обнаружили искомую спектральную линию ртути и потому были убеждены, что произошло превращение элементов:



Исследователи, проверявшие эти опыты, справедливо указывали, что Смитс и Карсен делали те же ошибки, что Мите и Штамрайх: они не учитывали следов других металлов, присутствовавших или привнесенных. Нидерландские исследователи в ответ уверяли, что их свинец совершенно не содержал ртути...

Алхимические патенты

"Продуктивность" алхимиков в XX веке можно проследить не только по книгам и журналам, но, как это ни странно, и по патентам. Нам, привыкшим к тому, что в патентах, прежде всего, отражены научно-технические достижения, это кажется весьма удивительным.

Речь идет исключительно о патентах, взятых за пределами Германии; немецкое патентное бюро в Берлине всегда отказывало в признании заявок, которые пытались защитить истинно алхимический процесс. При заявке немецкого патента уже тогда на первом плане стояла практическая реализуемость, то есть производственное использование. В других промышленных государствах, таких, как Англия и Франция, возможно было в то время зарегистрировать, как бы невероятно это ни звучало, процессы для получения золота из малоценных металлов. Эти страны проверяли патентные заявки только на формальное соответствие. Такой консервативный принцип имеет свои преимущества: до следующих поколений доходят некоторые забавные "открытия", среди них - несколько патентов для получения золота. Средневековые алхимики хранили свои тайны с величайшей тщательностью, а потом уносили их с собой в могилу. Алхимики XX века так же стремились обеспечить себе привилегии, но вполне современным способом - с помощью патента.

Вот некоторые из них на выбор. В 1911 году некая Мария Ру получила от английского и французского патентных бюро патент на "процесс трансмутации металлов". Мадам Ру,

вероятно, ученица Тиффро, хотела ускорить процесс образования золота, столь медленно протекающий в природе. Из кремниевой кислоты и оксида железа (ржавчины), восстановленного до металлического железа при высоких температурах, она получала серебро и золото. Так, во всяком случае, говорится в описании английского патента No 26356.

Через двадцать лет, в 1930 году, англичане выдали патент (No 306048), защищавший получение золота и серебра из железных и стальных опилок. Изобретателем этого единственного в своем роде процесса был итальянец Вольпато. Он считал, что при действии на железо сильного магнитного поля скорость обращения электронов возрастает столь сильно, что они уже "не знают", принадлежат ли атомам железа или атомам золота.

Английскому патентному бюро также не делает чести патент No 407657, выданный в 1934 году испанцу Перезу. Его обладатель еще раз открыл "распад атома ртути". Путем химической обработки ему удалось получить из ртути золото "в качестве продукта разложения". Философским камнем, с помощью которого удалось провести такое разложение, оказалось ... обычное едкое кали.

К этому времени в патентных бюро Лондона и Парижа уже давно находились пять английских патентов и один французский за 1925-1927 годы, которые защищали "получение золота из ртути". Изобретатели: Адольф Мите и Ганс Штамрайх, Германия. Оба заблаговременно передали свои патенты акционерному обществу "Сименс и Хальске". Таким образом, среди заявителей алхимических патентов находятся не только авантюристы, шарлатаны и неучи, но и научные работники и даже известная фирма.

Итак, Мите оказался счастливым обладателем нескольких иностранных патентов по изготовлению золота, однако богатства они ему не принесли. Он умер в мае 1927 года в уверенности, что первым обнаружил превращение ртути в золото. Доску с историческими датами получения золота после его смерти потихоньку удалили из лаборатории.

Первый английский патент Мите No 233715 за 1925 год имеет приоритет от 8 мая 1924 года, то есть еще за два месяца до первого сообщения, опубликованного в "Натурвиссеншафтен", Мите и Штамрайх позаботились о защите своего процесса патентом. Всемирно известный концерн заблаговременно приобрел все права на использование этого патента, с тем, чтобы в случае конкуренции обеспечить себе монополию изготовления искусственного золота.

После ознакомления с иностранными патентными заявками Мите один берлинский химик по имени Гашлер с грустью отметил, что еще в 1922 году он сделал такое же открытие. Гашлер тоже нашел золото в налетах на стенках ртутных ламп. Он не опубликовал тогда свои результаты "из патриотических чувств". Однако его открытие зафиксировано в немецкой патентной заявке, опубликованной 3 апреля 1924 года. Кому же тогда принадлежит слава первооткрывателя в деле получения золота из ртути?

Непризнанный изобретатель заявил: "Гораздо важнее вопроса о приоритете кажется мне задача будущего использования открытия для немецкой экономики и промышленности". Необходимо "напрячь все силы, чтобы прийти к экономическому результату, размеры которого мир даже не в состоянии сегодня себе представить".

В заключение стоит еще упомянуть об австрийском патенте No 5984, выданном химику Адальберту Клобаза из Вены в октябре 1935 года. Изобретатель бескорыстно опубликовал свой процесс в виде брошюры: "Искусственное золото. Опыт и успех синтеза золота". Она вышла в 1937 году в Вене и Лейпциге. Во введении редакция рекомендовала этот труд читателям. "Честолюбивым натурам легко удастся разработать дальше это своеобразное открытие,- указывалось там.- Однако тут есть опасность, которую пока что никто не принимает всерьез: твердая опора из золота, поддерживающая всемирную экономику, может заколебаться и рухнуть".

Что же, это был бы "конец золота", описанный писателем Рудольфом Дауманом.

Известного атомщика, профессора Отто Хана, попросили дать рецензию на книжку Клобаза для немецкого специального журнала. Он ограничился кратким высказыванием: "У читателя, как и у референта, при чтении брошюры возникает впечатление, что господин

Клобаза честно верит в то, о чем пишет. Это не приносит вреда до тех пор, пока такая вера не проникла в мир профанов. Безответственным является поведение издательства, которое... своими дополнительными рекомендациями... вызывает надежды и опасения, для которых нет ни малейшего основания".

Клобаза подошел к проблеме трансмутации, следуя модному направлению в науке - с точки зрения ядерной физики. Однако он сам признавался, что является профаном в области атомной физики. Ну и что из этого? "Строго говоря, современное исследование атома является не чем иным, как в значительной степени целенаправленным изготовлением золота; ведь практическая цель заключается в произвольном превращении элементов, и основную роль должно играть тайное желание получить синтетическое золото".

Австриец упирал на то, что золото является просто-напросто "железотитаноазотом", разложенным на две половины расщеплением атома: $1/2 \text{ Fe}_3\text{Ti}_3\text{N}_6 = \text{Au}$. Половина молекулярной массы этого соединения ведь точно соответствует относительной атомной массе золота! Просто, но до этого надо было додуматься.

В непонятном химическом соединении, названном Клобаза, помимо железа и титана содержится еще азот. Этому элементу Клобаза приписывает особую функцию. Азот в мире атомов является-де "грызущим зубом времени". Быть может, австрийского изыскателя вдохновлял автор романов Густав Мейринк, который никогда не скрывал своей склонности к мистическому и потустороннему и как-то написал одному последователю алхимии: "Азот кажется мне особенно важным. Разве не удивительно, что атомная масса азота (14), возведенная в квадрат, дает 196 (золото)?".. Наверняка Мейринк для этих расчетов взял не самую новую таблицу атомных масс...

Однако вернемся к Клобаза. Он помещал в 10-литровый медный или эмалированный сосуд различные химикалии, такие, как соли титана, железа, меди, сульфид натрия, хлорид аммония, растворимое стекло, а также большие количества кварца, слюды или пемзového песка, все это перемешивал и считал, что получил титанат железа FeTiO_3 , а из него - пресловутое соединение $\text{Fe}_3\text{Ti}_3\text{N}_6$. После этого следовал процесс сплавления со свинцом, содой, бурой и углем с добавлением 100 г "чистого" серебра. Если бы Габер услышал такое перечисление химикалий и посуды, он возрадовался бы, ибо повсюду находилось золото, золото, золото... конечно, только в виде следов. Однако Клобаза в своих опытах наверняка обогатил его.

Главная хитрость в процессе получения "Augum syntheticum"^[61]* была, несомненно, в "расщеплении атома" на две одинаковые половины. Такой процесс в ядерной физике тогда еще считался невозможным и был открыт значительно позднее. Однако для алхимиков деление ядра явно давно уже не было тайной. Клобаза выполнял "расщепление атома" физическим путем в "магнитно-электростатическом скрещенном поле". Очевидно, процесс протекал совершенно спокойно, без выделения атомной энергии. Напротив, требовалось пламя мощной бунзеновской горелки, чтобы "реакция" вообще началась. Изыскатель нашел чистое золото в количестве 7 мг, что соответствовало выходу 0,5 %. Теоретически он ожидал получить 1320 мг. Однако Клобаза не терял надежды, что когда-либо получится больше: "Уже выход в четыре процента будет выгоден в большом производстве".

Что скажет современный химик по этому поводу? FeTiO_3 , природный железотитановый минерал, может быть легко получен в лаборатории, например сплавлением оксида железа (II) и диоксида титана. Но, конечно, по прописи Клобазы это химическое соединение не образуется. То, что получал Клобаза, было, в лучшем случае, смесью сульфида железа и водных оксидов титана, быть может еще с добавкой дисульфида титана TiS_2 . Могли образоваться также нитриды железа и титана. Возможно, Клобаза в своих "синтезах" получал переменные количества дисульфида титана, который выпадает в виде блестящих чешуек цвета латуни, либо нитрида титана TiN - вещества бронзовой окраски. Поскольку оба чисто внешне очень похожи на золото, то он полагал, видимо, что это - чешуйки искомого благородного металла.

После 14 лет труда, при котором надежда сменялась отчаянием, Клобаза совершил примечательный поступок: он взял свой патент обратно "из-за ненадежности процесса".

Сомнительная победа

В начале XX века, после того как было открыто превращение радия в гелий, последователи алхимического искусства стали говорить о триумфе алхимии. Когда по всему миру пошли слухи об открытии Мите, они так же отозвались на это. В 1925 году появилась книга с многозначительным заглавием: "Победа алхимии. Вновь открыта тайна, как из неблагородных металлов получить настоящее золото. Путешествие из ночи в день". Тайный советник Мите, можно было прочесть в ней, сделал открытие, которое осуществило надежду, лелеявшуюся в течение столетий. Нет сомнений, что из лабораторных разработок рано или поздно возникнет прибыльное производство. Найденный способ превращения ртути в золото, а также все ставшие известными превращения радиоактивных элементов требуют совершенно новой ориентации химической науки. Дословно в этом "боевике" было сказано: "сегодня уже занесен топор над корнями ортодоксальной теории элементов Лавуазье, хотя никто еще не отвалился его опустить".

Что ж, для "кризиса в химии" повода не было. Однако превращение элементов Мите, безусловно, дало толчок для временного процветания алхимического учения. То, что это как раз совпало с "золотыми двадцатыми годами", было, вероятно, не случайно. Эта новая вспышка алхимии имела и социологические причины. Конечно, просвещенное человечество вовсе не думало, что возрождение алхимической идейной макулатуры повернет историю вспять и сможет остановить дальнейшее развитие науки и общества. Все же обостренные политические противоречия, неопределенность социального положения в капиталистической Германии "золотых" лет, растущая безработица в те времена мировой депрессии и инфляции, безусловно, подготовили почву для шарлатанов, обманщиков, рыцарей удачи и преступников, которые пытались обогатиться за счет лжеучения алхимиков и обещали своим жертвам истинные чудеса. Бесчисленные примеры из истории вплоть до недавнего времени достаточно хорошо доказывают, что границы между изготовлением золота и преступлением очень расплывчаты.

Появился на свет даже собственный печатный орган, "Алхимические листки", позднее высокопарно переименованный в "Архив алхимических исследований"; это было вызвано кратковременным возрождением учения алхимиков в золотые двадцатые годы. В программе вновь основанного журнала значилось: "В настоящее время большая часть людей охвачена старой алхимической идеей единства силы и материи, тесной взаимосвязи космических и земных законов, возможности конечного усовершенствования материи в виде трансмутации неблагородного в благородное". Своим читателям журнал обещал "истинные горы еще не открытых золотых зерен старой алхимической мудрости". Незыблемой целью является конечное получение и фиксирование благословенного философского камня.

В выпусках журнала с 1927 по 1930 годы то и дело вспоминались великие умы алхимии. Прежде всего, Жоливе Кастло, основатель и президент существующего с 1896 года алхимического общества Societe alchimique de France, автор многочисленных трактатов по тайному искусству, почитатель "благородного и непризнанного" Тифффо.

Кастло возобновил опыты Тифффо. Он не придавал никакого значения современным методам, не хотел ничего знать о разрушении атома: "Этот грубый метод, который я бы назвал анархичным, разрушает материю, но не допускает соединения вновь". Однако он верил в удивительное действие радиоактивного излучения и лучей Рентгена. Кастло открыл, что если на серебро воздействовать радиоактивным излучением в течение одного года, то оно превращается не в золото, как в свое время надеялся Рамзай, а частично в медь. Вот поистине - трансмутация в непредвиденном направлении.

Француз считался также открывателем "аллотропного золота", модификации, которую бесполезно искать в специальных химических учебниках. Она образуется якобы, если золото и

ртуть нагревать в течение нескольких месяцев в закрытом сосуде - по испытанному принципу алхимиков: "постоянно поддерживай огонь".

Несмотря на 35-летние старания, Кастло не смог добиться официальной проверки своего "революционирующего" процесса. Об этом сожалел алхимический журнал. Все атаки Кастло наука либо оставляла без внимания, либо отвечала ироническими замечаниями. Известные ученые его страны, среди них Мария Кюри, вообще не ответили на письма Кастло, когда он обратился к ним, чтобы узнать мнение о своей работе "La revolution chimique^[62]", появившейся в 1925 году. Научные журналы тоже игнорировали пожелание Кастло о проверке его опытов по трансмутации. "Известный кастовый дух университетских заправил не позволяет им считать полноценными работы постороннего лица, в особенности если они находятся в противоречии с академической наукой". Такими горькими словами "Архив алхимических исследований" прокомментировал эту невероятную ситуацию.

Оскорбленный великими людьми науки француз обратился 13 апреля 1927 года к остальному миру: "Получение золота химическим путем. Процесс Жюливе Кастло. Воззвание к химикам всего мира!" Кастло предал гласности свой синтез золота, разработанный в течение трех десятилетий, и призывал к сотрудничеству с целью "оптимизации" процесса: "Я полагаю, что имею отныне в руках ключ к регулярному, даже к производственному, изготовлению золота". Кастло имел "успех". На этот раз даже уважаемый химический журнал сообщил об его исследованиях. В "Анналь де шими аналитик" в выпуске No 10 за 1928 год на страницах с 285 по 287 имеется "пояснение": образование золота по процессу Кастло "объясняется" из соотношений атомных масс и электронов исходных элементов.

При более подробном ознакомлении прославленный в алхимических кругах процесс месье Кастло оказался рецептом, наверняка уже опробованным его средневековыми предшественниками. Кастло сплавлял серебро с оловом и сульфидами мышьяка и сурьмы. Затем специальными химическими реакциями он якобы доказывал "образование" золота. Поскольку эти чувствительные реакции действительно показывали минимальные количества золота, поверим французам, что он обнаружил следы... обогащенного им природного золота.

Биографии большинства алхимиков являлись, как правило, цепью разочарований,- сожалели "Алхимические листки".- Удача обычно избегает тех, кто хочет вырвать у природы тайну золота. В свое время Август Стриндберг душой и телом отдался алхимии. Когда он уже считал, что нашел божественную тайну, он попал в тяжелейшие финансовые затруднения. У Кастло дела обстояли не лучше. Своими опытами с радием и рентгеновскими лучами он приобрел болезнь глаз и почти ослеп. Пожар уничтожил его дом, алхимическую лабораторию и обширную библиотеку. Конечно, сегодня мы считаем, что это - потеря не для химической науки, а скорее, для истории культуры, которая стремится проследить историю алхимии вплоть до наших дней.

180 химических элементов

Верно сетовали "Алхимические листки", что всех, кто почитал святое ремесло алхимии, напоследок покидала удача. Казалось поначалу, что это не может относиться к алхимику с наклонностями уголовного - Францу Таузенду, фигуре наиболее яркой из всей корпорации. Таузенд собрал вокруг себя целое скопище пайщиков - известных промышленников, политиков, военных, знать. Похоже было, что всем, кто в годы широкого хозяйственного кризиса делал ставку на этого удивительного человека, сопутствует волна удачи и финансового везения.

Таузенд, подмастерье из Баварии, оставил ремесло жестянщика и опробовал свои возможности в различных других "видах искусства". Следуя музыкальным склонностям, он нашел лак, который должен был придать скрипкам звучание инструментов старинных итальянских мастеров. Его дикая необразованность в естественных науках приводила к сумасшедшим результатам: он пытался получать морфий из поваренной соли, произвести революцию в переработке стали, рассылал препараты против тли, ящур и язв у животных, а также кровоостанавливающее средство. Эти тайные средства он изготовлял в своей

"лаборатории"- амбаре, на принадлежащем ему участке в Оберменцинге близ Мюнхена. Венцом его химических изысканий стала все же известная книжонка, отпечатанная им самим в 1922 году: "180 элементов, их атомные веса и включение в гармонически-периодическую систему".

Бывший жестянщик основательно перекроил классическую систему элементов и создал новую: "Кто использует такое размещение, сразу поймет, что периодическая система Менделеева оставлена далеко позади". Таузенд расположил элементы по правилам... учения о гармонии и пришел к солидному числу - 180 элементов. Всего только сто из них предстояло еще открыть. Среди них было 12 элементов легче водорода, которые, однако, "трудно получить на нашей планете". Основатель новой периодической системы все же не отважился назвать один из новых элементов в свою честь - к примеру, таузендиум.

Таузенд посмеивался над традиционным названием "элемент". Наука разлагала вещества, "пока не дошла до мертвой точки и эта мертвая точка была названа элементом... Теперь химии придется перестроиться". Таузенд дал "единственно правильное" определение элемента: точно так же, как в учении о гармонии, где основной тон вместе с терцией и квинтой образует аккорд, элемент гармонически составлен из трех видов вещества. В соответствии с этим можно получить каждый элемент, если овладеть законами гармонии. "Если мы открываем элемент в сегодняшнем смысле этого слова,- продолжал новый пророк,- то нам просто удалось получить гармоническое сочетание трех видов вещества, которое совпадает с элементом".

Нет смысла пытаться понять это лжеучение. Те, кто, интересуясь наукой, в то время схватили брошюру, вероятно, быстренько выбросили ее в печку. И это несмотря на настойчивую рекомендацию ее автора: "Химики, усовершенствуйте свои познания изучением разработанной отныне гармонической химии. Поставьте на место старой периодической системы гармонически-периодическую систему! Гармония в химии является основой всех исследований".

Автор не скрывал, куда, собственно, должны привести исследования, для которых баварский жестянщик создал "основы": целью является трансмутация элементов! Тысячелетние чаяния, надежды и мечты алхимиков теперь - слава Таузенду!- были близки к осуществлению. Тайный советник Мите приобрел серьезного конкурента.

Первого же найденного им партнера Таузенд объегорил на кругленькую сумму в 100 000 марок. "Производственный капитал" он использовал, чтобы удовлетворить свое давнее стремление приобрести поместья. Безо всякого разбора Таузенд скупал дома, поместья, развалившиеся замки, чтобы ими спекулировать либо использовать по своей прихоти. Когда у партнера стали возникать некоторые подозрения, Таузенд сообщил ему - в апреле 1925 года, что как раз сейчас начнется получение золота. Не обратиться ли к только что избранному президенту рейха Гинденбургу с просьбой стать поручителем в предприятии? Нашли посредника, государственного секретаря Майснера - шефа президентской канцелярии Гинденбурга,- который благожелательно отнесся к идее; через него был найден в конце концов другой представитель для создания баварской "золотой кухни"- генерал Людендорф.

Избрание Гинденбурга означало опасный поворот вправо в политическом развитии Веймарской республики. Людендорф, как и Гинденбург, был железным милитаристом, и после мировой войны правая пропаганда выдавала его за "национального героя". После неудавшегося гитлеровского путча 1923 года, в котором Людендорф принимал немалое участие, генерал испытал свои возможности на парламентской сцене: с 1924 года он являлся депутатом парламента от NSDAP^[63]. Будучи издателем фашистского листка "Фелькишер курир", Людендорф не вылезал из долгов. Теперь он искал денежных источников для себя и национал-социалистского движения, которое уже открыто пропагандировало свои преступные цели, однако не находило желанной поддержки, даже среди правых. В этой ситуации алхимик Таузенд показался "герою мировой войны" посланцем свыше. Людендорфом был назначен эксперт, по специальности химик, чтобы, прежде всего, подвергнуть процесс Таузенда экспертизе. На его глазах Таузенд из расплава свинца, к которому он добавил 3 г оксида железа (скажем просто - ржавчины), все же получил 0,3 г золота. Итак, показательная

алхимическая трансмутация прошла на сцене с успехом, и эксперт с рвением доложил: "Господин генерал, дело верное!"

Когда стали говорить, что даже такой человек, как Людендорф, доверяет этому Таузенду, несколько финансистов с готовностью предложили к услугам алхимика свои денежные средства. С Людендорфом в качестве поручителя Таузенд основал "Общество 164". Это не тайный шифр: в системе элементов Франца Таузенда золото имеет номер 164. Чтобы птичка не улетела до того, как снесет золотые яйца, Людендорф заключил с Таузендом частное соглашение: в соответствии с ним алхимик отказывался в пользу Людендорфа от всякой реализации своего процесса синтеза золота. Таузенду предоставляли 5 % от прибыли. Акционеры и пайщики должны были получить 12 %, ассистенты - 8 %. "Ничтожный" остаток в 75 % Людендорф собирался опустить себе в карман; "на благо немецкого народа" - так это называлось, иначе говоря: для усиления партии национал-социалистов. Среди членов общества были такие крупные промышленники, как Манесман и Шелер, промышленные и финансовые воротилы немецкого рейха, знать, как, например, князя Шенбург-Вальденбург, но были и простые люди из народа, которые доверчиво отдали в руки Таузенда свои сбережения. Затем шла еще целая свора авантюристов и рыцарей удачи, военных, фашистов. Более одного миллиона марок доверили они Францу Таузенду, "человеку с удивительными глазами Христа", для его алхимических опытов.

"Общество 164", переименованное позднее в "Исследовательское общество Таузенда", основало на эти деньги лаборатории алхимиков по всему германскому рейху. Для маскировки служили строгие названия, как, например, "Северогерманское предприятие сплавов". Таузенд видел свою задачу преимущественно в том, чтобы путешествовать от филиала к филиалу, заключать сделки на покупку земельных участков и замков и проводить переговоры "на высшем уровне". Например, с председателем совета управления казначейства, бывшим министром Ленце; Таузенд хотел у него узнать, куда надежнее всего в будущем поместить мощную продукцию золота со своих фабрик.

Затем он поехал в Италию, завязал связи с одним из секретарей фашистского диктатора Муссолини: Германия и Италия станут самыми мощными державами мира благодаря новому процессу получения золота. Был послан представитель, чтобы испытать почетное предложение Таузенда. К несчастью, он оказался профессором химии. Дипломатическая встреча состоялась в замке Эппау "барона" Таузенда в южном Тироле. Итальянский химик настоял на пробном опыте. Таузенд химичил, как его покойные предшественники в далеком средневековье. Однако ученый, почуявший обман, смог его уличить. "Невинный" кусочек свинца, который Таузенд хотел добавить в расплав в последний момент, оказался сплавом свинца с золотом!

К началу 1929 года "исследовательское общество" вынуждено было признать себя несостоятельным. Растрчено было более миллиона золотых марок. Никто толком не знал, куда девалась эта огромная сумма. Неработающие фабричные установки, земельные участки для новых мастерских, полуразрушенные замки - все это свидетельствовало о расточительстве Таузенда. Во всех частях Германии доверившиеся ему люди предъявляли Таузенду иск в обмане. Бежавшего злоумышленника наконец задержали в Италии. В качестве подследственного он был перевезен в Милан.

Прошло более 300 лет с тех пор - с 1591 года, как на баварской земле слушался процесс над алхимиком. Это был некий Марко Брагадино, которого обезглавили под символической виселицей из золотой мишуры. Как-то сложится судьба Таузенда?

Алхимик Таузенд доказывает свое искусство

Полтора года оставался Таузенд в тюрьме как подследственный пока закончилось затяжное расследование и были составлены акты предварительного следствия. Дело Таузенда было деликатным, ибо в него были втянуты влиятельные политики и промышленники.

Не падая духом, преступник упорно уверял в своей невинности. Он умеет делать золото, даже килограммами, и пусть ему сначала докажут, что он не может его сделать.

Следователь и прокурор вышли из себя. Их терпение было наконец исчерпано. Они назначили показательное испытание. Пусть Таузенд покажет, на что он способен.

Это алхимическое представление состоялось в октябре 1929 года на главном монетном дворе Мюнхена в присутствии его директора нескольких специально проинструктированных полицейских, прокурора, следователя, а также защитника.

Трюки жуликоватых алхимиков были к тому времени хорошо известны, и все предохранительные меры приняты. Когда Таузенд прибыл на монетный двор, его раздели догола, тщательно осмотрели, начиная от зубов до ногтей на ногах, даже выворачивали веки. Однако искусник действительно сделал золото! Из свинцовой пробы весом 1,67 г он выплавил блестящий металлический шарик, который содержал, как показали позднейшие анализы, 0,095 г чистого золота и 0,025 г серебра. Хотя эксперимент проводился в отсутствие общественности, молва об удачной трансмутации распространилась по городу с быстротой молнии. Директор монетного двора под натиском репортеров, заикаясь, заявил, что у него наверняка полегчало бы на сердце, если бы этого сверкающего кусочка золота, сфабрикованного Таузендом, вовсе не существовало.

Экстренными сообщениями на первых страницах газет пресса сообщила о сенсационном результате опыта; большими буквами был напечатан заголовок: "Алхимик Таузенд доказывает свое искусство". Газета "Дрезднер нахрихтен" 9 октября писала: "Перед нами вещественный результат. Это означает, что найден искусный способ делать золото, если только Таузенд не сделал ловкой подмены, несмотря на все принятые предохранительные меры". Находчивый защитник Таузенда потребовал освобождения его из заключения, Однако Верховный суд страны отклонил это прошение: Таузенд находится под следствием, прежде всего, за мошенничество. Его не судят, как алхимика в средние века.

Основной процесс начался только в январе 1931 года. Понятно, что судебное разбирательство вызвало большое внимание немецкой общественности. Газеты были полны описанием афер баварского жулика. "Чтобы в двадцатом веке человек мог выманить добро у образованных людей под тем предлогом, что он может сделать золото, это просто не укладывается в голове,- писал судебный репортер газеты "Мюнхер нейсте нахрихтен".- И все же у нас достаточно доказательств того, что глупость существовала во все времена".

Во время процесса речь пошла также об удачном эксперименте на мюнхенском монетном дворе. Защита строила на этом свое оправдание. Были заслушаны эксперты. Мнение университетского профессора Гонишмида из Мюнхена, который проводил экспертизу еще с искусственным золотом тайного советника Мите, было категоричным. Невозможно провести превращение элементов путем простой химической реакции, как это практиковал Таузенд. Этого можно было бы достигнуть только разрушением атомов, для чего потребовались бы энергии, которыми в настоящее время не располагает никто.

Таузенд и его адвокат начали было пояснять, что превращение элементов возможно на основе "гармонически-периодической системы". Не знаком ли с ней господин профессор? Гонишмид знал содержание брошюры, знал и господина автора. Брошюра "180 элементов", ответил он невозмутимо, является плодом творчества фантазера, полного неуча в области естественных наук, который пытается извлекать новые премудрости из устаревших учебников.

Превращение свинца в золото, которое на первый взгляд столь убедительно продемонстрировал Таузенд на монетном дворе, тоже получило во время процесса поразительное объяснение. "Искусственное" золото в количестве 95 мг, состоящее на 80 % из чистого золота и на 20 % из серебра, вполне могло образоваться... из золотого пера авторучки. Для таких золотых перьев как раз применяли сплав золота с серебром близкого состава. Когда прокурор услышал это, он приказал немедленно доставить *corpus delicti*^[64]. Однако авторучку Таузенда с золотым пером нигде не смогли найти...

Суд признал Франца Таузенда виновным в многократном обмане. Его приговорили к тюремному заключению сроком на три года и восемь месяцев, с учетом срока предварительного заключения. Прокурор требовал шести лет.

Адвокат Таузенда пытался по мере сил убедить суд в том, что виноват не только его подзащитный: на самом деле - так выразился защитник в своей речи - надо судить не Таузенда, а Людендорфа и других партийных бонз из NSDAP, а также тех, кто давал Таузенду кредит. Они обожествляли Таузенда, имевшего патологические наклонности, пока тот в своей фантазии и своего рода мании величия не стал принимать собственный обман за чистую правду.

Глава 5

ФАНТАСТИЧЕСКИЕ ЭНЕРГИИ

Последние недостающие элементы

После установления закона Мозли рентгеновская спектроскопия стала ценным вспомогательным средством при поисках еще неизвестных элементов и для их классификации. В начале 20-х годов из 92 элементов периодической системы не было обнаружено шесть: 43-, 61-, 72-, 75-, 85- и 87-й. Их порядковый номер можно было вывести на основе закона Мозли, определив частоту рентгеновского излучения^[65]. Благодаря этому стало возможным поместить эти элементы в соответствующие группы периодической системы и тем самым предсказать их свойства.

Однако в отношении 72-го элемента не было единого мнения. Нильс Бор на основании своей атомной модели пришел к заключению, что следующие за лантаном (элементом 57) четырнадцать элементов должны быть трехвалентными, ибо они обладают одинаковым числом внешних электронов. Это является также причиной необычайного сходства лантаноидов, или так называемых редких земель. Только начиная с элемента 72, число валентных электронов, как обычно, будет увеличиваться от элемента к элементу на единицу. Следовательно, 72-й элемент, который еще не был известен, должен иметь четыре внешних электрона и быть четырехвалентным. Поскольку он - аналог циркония, его следует искать в цирконийсодержащих минералах. Элемент 72 ни в коем случае не относится к числу редкоземельных.

Другие исследователи придерживались противоположного мнения. Они уже давно безуспешно пытались выделить 72-й элемент из минералов, содержащих редкие земли, и все же неутомимо продолжали поиски. Французский химик Урбен был убежден, что еще в 1914 году рентгеноспектроскопическим путем обнаружил редкоземельный элемент 72, который был назван им кельтиум. Норвежские исследователи также давали заявки на подобные открытия.

Кто был прав? Только практика могла разрешить спор. Полагаясь на теорию Бора, химики Хевеши и Костер, гостившие в институте датского физика, начали в 1922 году поиски 72-го элемента в норвежских циркониевых минералах. Уже в первой фракции вещества можно было рентгеноспектроскопическим путем обнаружить искомый элемент. Вскоре удалось также выделить его аналитически весомые количества. Оба химика назвали открытый ими элемент гафний. Тем самым они почтили место работы Бора, Копенгаген который по-латыни называется Hafnia.

Гафний был последним недостающим элементом с четным порядковым номером. Согласно правилу, установленному Харкинсом, такие элементы обычно более распространены в природе, чем их нечетные соседи. Таким образом, для еще не известных химических элементов - с порядковыми номерами 43, 61, 75, 85 и 87 - можно было предположить, что они на Земле существуют только в виде следов или вообще не существуют, ибо в противном случае их уже давно открыли бы.

Поэтому, когда появилось сообщение, что обнаружены элементы 43 и 75, именовавшиеся также экамарганцем и двимарганцем, это стало научной сенсацией; ее распространению способствовала, прежде всего, пресса. На заседании Прусской академии наук в Берлине 11 июня 1925 года химик Ида Такке сообщила об удавшемся открытии. Совместно со своим будущим супругом Вальтером Ноддаком и исследователем О. Бергом она воспользовалась способом обогащения, основанным на химической природе этих элементов. Были сняты

рентгеновские спектры веществ, полученных из разнообразных минералов. Наконец при переработке норвежского минерала колумбита исследователи наткнулись на следы искомым элементов, которые они стали называть мазурий (43-й) и рений (75-й). Концентрация их составляла всего лишь $10^{[-6]}$ - $10^{[-7]}$ г.

Через несколько дней после известия об открытии элементов 43 и 75 опытный аналитик Вильгельм Прандтль сделал доклад на заседании химического общества в Мюнхене. Он настойчиво предостерегал от преждевременных заявок на открытия. Прандтлю не удалось найти эти экмарганцы ни в указанных минералах, ни в переданной им пробе вещества, которая, по данным исследовательницы, должна была содержать от 0,8 до 1,0 % рения.

Ситуация становилась неясной. В это время чешские исследователи Долейчек и Гейровский заявили, что им удалось обнаружить 1 % 75-го элемента в солях марганца полярографическим и спектроскопическим путем, и при этом раньше, чем Ида Ноддак. Лондонский химик Брюс также сделал заявку на открытие 75-го элемента. По этому поводу высказался советский исследователь О. Е. Звягинцев из Института по изучению платины и других благородных металлов АН СССР, который сомневался в открытии: в платиновых рудах двимарганца вовсе нет, вопреки мнению госпожи Ноддак. Ко всему тому появилось еще сообщение англичанина Лоринга об удавшихся "синтезах" элементов 43 и 75 в рентгеновской трубке. Алхимические представления сыграли при этом немалую роль, ибо Лоринг синтезировал элемент 43 из калия и никеля, а элемент 75 - из свинца и молибдена. Такие алхимические опыты наукой не принимались всерьез. Все другие высказывания следовало учесть.

Ида Ноддак защищалась от обвинений весьма темпераментно, поскольку была затронута ее честь исследователя. Брюс имел дело не со следами элемента, а лишь с марганцем, загрязненным железом,- уверяла она.- Что касается Гейровского и Долейчека, то проверка их опытов не дает никаких указаний на новый элемент. Спектральные линии, наблюдавшиеся чехами, могли принадлежать ртути и таллию, а не 75-му элементу.

Теперь о Прандтле. Чета Ноддак считала удивительным, что господин Прандтль не обнаружил рения. В переданном ему веществе содержались также уран и ниобий - в количествах десятикратных по сравнению с элементом 75. Даже эти элементы Прандтль не смог обнаружить. "Мы готовы,- снисходительно объявили они,- послать Прандтлю новый препарат, если он может удостоверить, что его спектрограф способен уловить содержание в несколько процентов". Это мало тактичное замечание вызвало у старого химика чрезвычайное раздражение: более 25 лет работал он с редкими и рассеянными элементами. "Я могу без преувеличения сказать, что в области препаративной неорганической химии располагаю несравненно большим опытом. На основании этого опыта я должен с сожалением отметить, что методы, с помощью которых В. и И. Ноддак хотят выделить оба экмарганца из минералов, нехороши ...".

Спор длился несколько лет, до тех пор, пока Ида и Вальтер Ноддак в октябре 1929 года не сообщили о выделении ими в целом 1 г рения. Они получили это количество из 600 кг минерала молибденового блеска и доказали чистоту нового элемента спектральными методами. Тем самым клетка с порядковым номером 75 в периодической системе оказалась занятой. Что касается судьбы элемента 43, то она осталась покрытой завесой молчания.

Рано трубить победу

С не меньшими боями шли химики к открытию 61-го элемента. Поневоле спросишь, всегда ли поиски последних недостающих элементов должны вызывать ссоры и споры между учеными мира?

Вильгельм Прандтль безуспешно пытался выделить редкоземельный элемент 61 из неодимовой (60-й элемент) и самариевой (62-й элемент) фракций природных иттриевых земель. Ему не удалось обнаружить его даже рентгеноспектральным методом. Через два года, в марте 1926 года, американские химики Гопкинс, Интема и Гаррис из Иллинойского университета сообщили, что обнаружили этот редкоземельный элемент спектральным

анализом. Они нашли 61-й элемент там, где его тщетно искал Прандтль - в монацитовых остатках выделенной неодимово-самариевой фракции. Новый элемент они предложили назвать иллиний.

Прандтль сразу высказал сомнение. Одни только спектральные линии ничего не доказывают, к тому же эти линии, полагал он, наверняка происходят от загрязнений. Гаррис, Интема и Гопкинс не дали еще ни одного обоснованного доказательства открытия 61-го элемента.

Сообщение американцев вызвало выступление итальянцев Ролла и Фернандеса из Химического института Флорентийского университета: 61-й элемент был ими обнаружен еще в июне 1924 года рентгеноспектральным путем в бразильском монацитовом песке и назван флорентием.

С полным основанием все захотели узнать, в каком журнале опубликовано это сообщение. Итальянцы смущенно признались, что их еще не совсем полный исследовательский отчет находится в запечатанном конверте в Академии наук в Риме. Американцы комментировали такое объяснение с нескрываемой насмешкой. Если это действительно так, то они со всем почтением хотели бы указать на то, что еще в 1922 году американские ученые открыли неизвестные линии в спектре редкоземельных элементов и отнесли их к недостающему 61-му элементу. Следовательно, в любом случае приоритет, а также право наименования находятся на их стороне.

Если просмотреть научные журналы за 1926-1928 годы, то можно только удивляться, с каким упорством проводился этот научный бой за первенство в открытии 61-го элемента. Оба лагеря находили поддержку извне. До последнего времени не было единства в вопросе, кому, собственно, принадлежит приоритет; как же называть вновь открытый элемент, который никто еще вовсе и в руках не держал: иллиний или флорентий?

Самую умную мысль в этом споре высказал Вильгельм Прандтль в январе 1927 года: "Видимо, к концу периодической системы около 93-го номера образуются неустойчивые конфигурации; они дают о себе знать еще в более ранних периодах, а именно: у номера 43, затем у $43+18 = 61$ и, наконец, окончательно у $43+18+32 = 93$ ". Другими словами, Прандтль считал, что элементы с номерами 43, 61 и 93 вообще не должны существовать.

Не более мирно происходило открытие элементов 85 (экацезия) и 87 (экаиода). С 1930 по 1932 годы Аллисон, Мерфи и Бишоп из Алабамского политехнического института (США) не единожды заявляли, что они обнаружили элемент 85 - алабамий и элемент 87 - виргиний в морской воде, в естественных соляных залежах, а также в минералах, содержащих цезий и слюду. С помощью какого-то магнито-оптического метода исследователям, по-видимому, удалось провести обогащение воды этими элементами.

Научная ценность такого нового метода анализа горячо оспаривалась другими учеными - американцами Папис и Вайнером из Корнуэльского университета (Итака); они полагали, что сами получили элемент 87. Сюда надо причислить также некую Хулубай из Румынии, которая хотела назвать открытый ею элемент 87 молдавием.

Ньютон Фрэнд из Бирмингэма специально совершил поездку на Мертвое море, чтобы заняться поисками элементов 85 и 87. Необычайно высокая концентрация солей в этом внутреннем море должна была, по его мнению, открывать особенно благоприятные возможности. Представления о том, что экацезий, относящийся к щелочным металлам, следует искать в морской воде, были логичными, если учесть близкое родство 85-го элемента с цезием, калием, натрием. В 1932 году в журнале "Кемикл ньюс" свою лепту в этот вопрос внес некий Стивенсон. Он наконец узнал, где в Мировом океане следует искать экацезий: во впадине Минданао на глубине около 10 000 м. Кто решится на такую экскурсию?

Вопреки всем стараниям исследователей, клетки 43, 61, 85 и 87 периодической системы оставались пустыми. Рений был практически последним элементом, который смогли химически выделить классическим путем в достаточном количестве, хотя и после трудоемких операций.

От других недостающих элементов можно было увидеть лишь "тени" в виде рентгеновских спектральных линий. При этом не было даже уверенности, что они относились именно к искомым элементам. Такую неудачу объясняли тем, что элементов 43, 61, 85 и 87 теперь уже не существует. Наверняка они распались за те 4,6 миллиардов лет, что существует Земля. Во всяком случае, это следовало предположить по отношению к элементам 85 и 87, так как они в периодической системе должны располагаться рядом с радиоактивными элементами.

Снаряд без заряда

Со времени превращения азота в кислород при помощи альфа-излучения в 1919 году все твердо уверовали в то, что ядерная физика является ключом ко всеобщему превращению элементов. Однако вслед за надеждой, что методом Резерфорда можно постепенно превратить или расщепить все атомы с помощью альфа-лучей с достаточно большой энергией, ученых постигло разочарование. За десять лет после первого удачного эксперимента смогли подвергнуть бомбардировке едва лишь дюжину элементов, да и то самых легких. В случае тяжелых элементов в массивное ядро атома не могли проникнуть даже альфа-частицы с максимальной энергией в 9 мегаэлектронвольт (МэВ). Они отклонялись большим одноименным зарядом ядра, не придя с ним в соприкосновение. Тем самым была утрачена всякая надежда на превращение ртути с помощью альфа-частиц в соседнее золото. Выход думали найти в использовании таких снарядов, как протоны (ядра атома водорода). Конечно, для этого необходимо искусственно ускорить эту частицу до столь же высоких энергии, какими обладали альфа-частицы. Откуда же взять такие гигантские энергии? Для этой цели следовало бы получить и использовать напряжение в несколько миллионов вольт - техника, которой тогда еще не овладели.

Перелом произошел в 1930 году. Американские физики в Вашингтоне сконструировали трансформатор на 3 мегавольта (МВ) и с его помощью ускорили протоны до энергии в 1 МэВ. Через год Ван-дер-Грааф в Принстонском университете построил свой первый генератор на 1,5 МэВ, названный позднее его именем.

Эрнест Лоуренс и его сотрудники из университета в Беркли в конце концов нашли совершенно новый путь: искусным приемом, с помощью больших электромагнитов в поле высокого напряжения, Лоуренс заставил частицы мчаться по спирали. Таким способом можно было постепенно ускорить частицы до высоких энергий. Это была новая установка - циклотрон. Посредством такого ускорителя частиц можно было достичь интенсивностей излучения, которые теоретически эквивалентны нескольким килограммам радия. Был сделан мощный шаг вперед, ибо человечество никогда не смогло бы получить столь значительных количеств радия.

В конце 1931 года Лоуренс с помощью своего циклотрона достиг мощности 1 МэВ, через год - уже 5 МэВ. В настоящее время мощность современных ускорителей частиц измеряют в гигаэлектронвольтах (ГэВ), то есть в миллиардах электронвольт. По сравнению с первыми ускорителями сегодняшние мощнейшие агрегаты с их километровыми путями пробега частиц выглядят гигантами.

Ученикам Резерфорда, Кокрофту и Уолтону, в 1932 году удалось провести первое ядерное превращение с помощью искусственно разогнанных протонов: мишенью служило ядро атома лития - самого легкого элемента после водорода и гелия. Путем такого обстрела литий превратился в гелий. Советские физики-атомщики И. В. Курчатов и Н. Н. Синельников, которые вскоре после кембриджских ученых и независимо от них обнаружили ту же реакцию, первыми дали вероятное объяснение процесса. Сенсационная пресса видела в "разрушении" лития дальнейший шаг к подчинению атомных сил человеку и связывала с этим самые отважные фантазии: боевой корабль с несколькими граммами лития в качестве топлива сможет пересечь Атлантику... Заметьте, военный корабль, а не торговое судно было первым примером в оценке атомной энергии. Специалисты рассматривали этот эксперимент гораздо более трезво. Превращение атома лития идет с ничтожным выходом. Нужно ускорить миллионы протонов, чтобы произошло одно-единственное столкновение.

К испытанным снарядам, бомбардировавшим атомное ядро,- альфа-частицам (ядрам атома гелия), протонам (ядрам атома водорода) - к началу 1932 года присоединился еще один: дейтрон. Это - ядро тяжелого изотопа водорода, которое обладает массой, равной удвоенной массе протона. В том же году в космическом излучении на большой высоте был открыт позитрон, оказавшийся положительно заряженной частицей - античастицей отрицательного электрона. Вскоре эту новую элементарную частицу удалось также обнаружить при земных радиоактивных процессах. Когда в 1932 году ученик Резерфорда, Джеймс Чэдвик, открыл еще одну, до той поры неизвестную, частицу - нейтрон, то этот год в научных кругах стали справедливо называть *annus mirabilis* - годом чудес.

Чэдвик обнаружил частицу, не имеющую заряда, с массой, равной массе протона, как составную часть так называемого бериллиевого излучения. Эти проникающие лучи, состоящие из нейтронов, были открыты в 1930 году при бомбардировке бериллия альфа-частицами. Долгое время считались жестким гамма-излучением. Затем удалось показать, что бериллиевое излучение на самом деле состоит из гамма-лучей и потока нейтронов.

С открытием нейтрона сразу разрешались те принципиальные трудности, с которыми для теоретиков было связано истолкование атомных ядер. До этого существовало воззрение, что ядро атома состоит из протонов и электронов. Такое представление таило в себе трудно разрешимые противоречия. Кроме того, оно не давало объяснения, почему при одинаковом заряде ядра изотопы одного и того же элемента обладают различной массой. В 1932 году советский физик Д.Д. Иваненко, а вскоре после этого Вернер Гейзенберг - один из основателей квантовой механики - независимо друг от друга пришли к выводу: ядра атомов состоят из протонов и нейтронов. Различие масс изотопов объяснялось большим или меньшим числом нейтронов.

Появилась надежда, что с открытием нейтрона найден снаряд, который - именно потому что был "не заряженным"- сможет проникнуть в устойчивую крепость ядер тяжелых атомов. Быть может, теперь и тяжелый элемент - ртуть можно будет превратить в соседний элемент - золото?

В своем труде "The interpretation of the atom^[66]" в 1932 году Фредерик Содди первым высказался по поводу фундаментальной роли нейтрона как неопределимого нового снаряда для превращения атомов, быть может, даже их деления. Однако все еще оставался открытым один вопрос: как это осуществить?

Искусственная радиоактивность

В начале 30-х годов казалось, что любимое занятие многих исследователей атома - поиски новых продуктов распада - уже не может дать ничего нового. Такие исследования проводились с чисто криминалистическим чутьем. Теперь ряд естественных радиоактивных элементов оказался полным. Ничего не меняло и то обстоятельство, что существование первого члена ряда актиния, актиноурана было до сих пор лишь гипотетическим. Исследователям атома и не снилось, что можно будет отыскать еще неизвестные радиоактивные элементы.

В это время между специалистами возникли очень интересные споры, а именно по поводу элемента с порядковым номером 93. Такого элемента вообще не должно было существовать на Земле. Уран, после того как он был помещен Менделеевым в периодическую систему, был признан самым последним из 92-х элементов. Так полагали все.

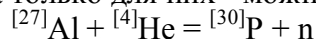
Однако некоторые ученые не могли расстаться с мыслью, что число элементов, возможно, превышает 92. Когда-то, в 1922 году, Нильс Бор размышлял о возможности существования благородного газа с порядковым номером 118 - как это вытекало из его теории спектров и строения атома. Многим специалистам такие представления казались пустым теоретизированием.

В апреле 1934 года Ида Ноддак большим сообщением "Периодическая система элементов и ее пустые клетки" пробудила новый интерес к этой проблеме. В докладе, который был опубликован в журнале "Ангевандте хеми" 19 мая 1934 года, она ставила

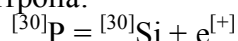
провокационный вопрос: почему периодическая система вдруг обрывается после урана? В составленной ею таблице она демонстративно оставляла незанятые места от 93 до 96 для элементов, которые еще предстояло открыть. Такой шаг она обосновывала весьма оптимистично: "Нам кажется возможным, что элементы, следующие за ураном, так называемые трансураны, с возрастанием порядкового номера становятся все менее жизнеспособными, а потому все более редкими. Однако стоящие за ураном четные элементы 94 и 96 могли бы быть получены сегодняшними средствами...; следует ожидать, что как раз в этом месте системы появятся некоторые неожиданности".

Действительно, такие неожиданности не заставили себя долго ждать. Уже в начале 1934 года Ирэн Кюри, дочь Марии Кюри, вместе со своим супругом, Фредериком Жолио, сделала открытие, поразившее специалистов. Им удалось обнаружить "новый тип радиоактивности". Так называлось их сообщение в "Отчетах Парижской академии наук" от 15 января. Что же крылось за этим заголовком?

Оба исследователя бомбардировали алюминиевую фольгу альфа-частицами; при этом обнаружилась отчетливая радиоактивность алюминия, которая сохранялась также после удаления источника излучения. Такой эффект никто никогда не наблюдал. Отдельные атомы алюминия после воздействия альфа-частиц превратились в радиоактивный фосфор (P*). Этим новым методом можно было искусственно вызвать радиоактивность. То, что Стефания Марацинеану ошибочно искала на свинцовых крышах, стало фактом: для легких элементов - пока только для них - можно искусственно индуцировать радиоактивность:



Радиоактивный фосфор распадается до устойчивого изотопа кремния с выделением позитрона:



Исследователям атома, этим "алхимикам XX века", вновь удалось осуществить поразительное превращение элементов. Искусственным путем принудить вещества к радиоактивному распаду - это было, безусловно, новым большим шагом на пути к гигантским запасам энергии атомного ядра.

Энрико Ферми из Физического института Римского университета, новая звезда в международном семействе исследователей атома, заинтересовался открытием искусственной радиоактивности и начал систематически обстреливать нейтронами один элемент за другим. Молодой физик надеялся, что таким путем, а не только с помощью альфа-частиц ему удастся вызвать искусственную радиоактивность.

Ферми и его коллеги д'Агостино, Сегре, Амальди и Розетти подошли к этим опытам строго методически. Они начали с элемента 1, водорода, и подвергли его воздействию потока нейтронов. После того как был убран источник нейтронов - запаянная трубка с эманацией радия и порошком бериллия, ученые испытали облученный элемент на радиоактивность. Для этого был использован счетчик их собственной конструкции, работавший по принципу счетчика Гейгера - Мюллера, известного с 1928 года. Ферми вбил себе в голову испытать все элементы периодической системы вплоть до урана. Откуда же взять нужные вещества? Физикам потребовалось некоторое время для того, чтобы обыскать запылившиеся полки институтов, химических магазинов и аптек и найти все, что им требовалось.

Многие сотрудники Римского университета находили поведение молодых физиков очень забавным: Ферми и его друзья по окончании облучения мчались, как одержимые, по длинным коридорам института, чтобы испытать свои препараты в помещении, не зараженном радиоактивностью. Ведь могло так случиться, что образовался короткоживущий радиоактивный элемент с периодом полураспада в несколько секунд. Потом обычно можно было видеть, как они медленно возвращались с разочарованными лицами. Для первых восьми элементов физики не смогли обнаружить никакой искусственной радиоактивности. Однако на девятом элементе, фторе, счетчик вдруг защелкал. Вскоре итальянцы установили, что облучение нейтронами активизирует многие элементы. Чаще всего последние излучали бета-лучи и превращались при этом в атомы следующего элемента. Ферми открыл

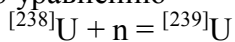
"радиоактивность, индуцированную бомбардировкой нейтронами". Так назвал он статью, написанную 10 апреля и опубликованную в мае 1934 года в журнале "Нейчур",

Спор вокруг девяносто третьего элемента

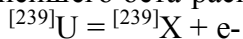
Интересных результатов Энрико Ферми ожидал для последнего элемента периодической системы. Уран является самым тяжелым элементом, встречающимся на Земле. Ядро этого атома состоит из 92 протонов и 146 нейтронов. Относительная атомная масса в результате составляет 238, точнее, для изотопа ^{238}U . Уже тогда предполагали, что уран состоит не только из этого изотопа. Например, гипотетический актиноуран должен был быть легче. Однако с помощью масс-спектрографа Астона в то время не удавалось найти другие изотопы урана, кроме ^{238}U .

Вопрос об актиноурани был разрешен однозначно только тогда, когда американский физик Артур Демпстер из Чикагского университета в декабре 1934 года использовал новый источник ионов для масс-спектрографа повышенной разрешающей способности. В 1935 году Демпстер внес ясность в вопрос об изотопном составе урана: кроме известной четкой линии, для ^{238}U он нашел еще слабую линию для ^{235}U - искомого актиноурана. Сегодня мы знаем, что природный уран на 99,27 % состоит из ^{238}U , на 0,72 % - из ^{235}U и на 0,005 % - из ^{234}U .

Когда в Физическом институте Римского университета в середине 1934 года молодой Ферми начал бомбардировать уран нейтронами, он, конечно, исходил только из существования ^{238}U . Если бы, как полагал Ферми, удалось внедрить в ядро еще один нейтрон, то по уравнению



образовался бы радиоактивный изотоп с массовым числом 239 и - в случае его дальнейшего бета-распада - элемент с зарядом ядра 93:



Такого вещества на Земле еще не было! Перспектива открытия этого элемента воодушевляла. Она означала проникновение в неизвестную область материи, до тех пор полностью сокрытую от человеческих представлений. Сходное чувство должно было в прежние времена охватывать кругосветных мореплавателей, когда они пускались в экспедиции для открытия новых стран и континентов и обнаружения их богатств.

Воодушевлению итальянцев не было границ, когда с первым же опытом пришла удача: облученный уран оказался сильно радиоактивным и, как предполагалось, испускал бета-лучи. Исследования показали, что продукты радиоактивного распада не идентичны с соседними элементами урана. Такое обнаружение можно было провести очень изящно. При химическом анализе требовалось только добавить соединение предполагаемого элемента, скажем, соли тория. После обычной химической переработки и разделения активность неизвестного продукта превращения либо обнаруживалась снова в ториевой фракции - и тогда это был изотоп тория, - либо ее не было. В последнем случае разъяснения могли дать дальнейшие химические опыты с добавлением других элементов или их соединений. Такие химические идентификации часто и с большой точностью проводили в то время Отто Хан, Лиза Мейтнер и Фриц Штрассман.

При повторении своих опытов Ферми не нашел никаких указаний на то, что из урана, облученного нейтронами, образовались какие-либо изотопы известных соседних элементов, такие, как протактиний, торий, актиний, радий. Исходя из этого, новый вид радиоактивных атомов должен был принадлежать элементам, находящимся по другую сторону урана - трансуранам! По мнению Ферми, особенно правомерным было приписать образовавшийся радиоактивный осадок с периодом полураспада 13 мин новому, 93-му, элементу. Несмотря на это, Ферми дал очень осторожное название своему отчету, опубликованному в журнале "Нейчур" 16 июня 1934 года: "Возможное получение элементов с атомным номером, превышающим 92". Поэтому, когда итальянская печать начала во все горло кричать о доказанном получении 93-го элемента и громогласно причислила эти успехи к "победам фашистов в области культуры", это не могло не задеть Ферми и его коллег.

Итальянские физики открыли в своих работах поразительный эффект: радиоактивность, индуцированная нейтронами, вдруг усиливалась во много раз, если нейтроны предварительно пропускали через слой парафина. Парафин является смесью углеводородов. На своем пути через кусок парафина нейтроны встречали большое число атомов водорода той же массы. В результате столкновений нейтроны передавали атомам водорода часть энергии, отклонялись от прямолинейного пути и приобретали зигзагообразную траекторию. Передавая часть энергии, они тормозились. Таким образом, нейтроны покидали парафин со значительно меньшими скоростями, чем входили него. Такие замедленные, или тепловые, нейтроны вызывают превращения атомов с гораздо большей вероятностью, чем быстрые, которые часто проскакивают мимо цели.

Ферми размышлял далее... С помощью этого метода можно будет в ближайшем будущем искусственно получать новые радиоактивные элементы. Быть может, даже в таких количествах, что они смогли бы заменить естественные радиоактивные вещества, которые все больше дорожают. Открытие приобретало коммерческое направление, что заставило Ферми и его сотрудников 26 октября 1934 года подать заявку на патент по искусственному изготовлению радиоактивных веществ из других элементов путем бомбардировки замедленными нейтронами. Что же, еще один алхимический патент? Едва ли. Мысль о том, чтобы получать когда-либо атомную энергию при помощи таких искусственных превращений элементов, не приходила тогда Ферми. И все же сделанное открытие означало существенный шаг в этом направлении.

Вокруг открытия 93-го элемента грозил опять возникнуть спор о приоритете. Ибо в июле 1934 года чешский инженер Коблик сообщил что он выделил этот элемент из урановой смолки Иоахимстале и уже определил его относительную атомную массу: 240. В честь своей родины Кублик назвал его богемий. Это известие было распространено газетами по всему свету.

Открытие элемента 93, заявленное с двух сторон, было, конечно, сенсацией. Однако Ида Ноддак не разделяла всеобщего воодушевления. Это было ясно хотя бы из ее доклада "О современных методах предсказания химических элементов", который она сделала 14 сентября 1934 года в Ленинграде по случаю столетия Д. И. Менделеева. Вместе с другими выдающимися учеными, среди которых был Отто Хан, она приехала на Международный Менделеевский съезд по приглашению Академии наук СССР.

С небольшими изменениями доклад Иды Ноддак привел журнал "Ангевандте хеми" 15 сентября 1934 года под заголовком: "О 93-м элементе". Госпожа Ноддак сохранила критическую точку зрения на такие "открытия". Она сообщила, что богемий является не чем иным, как смесью соединений ванадия и вольфрама. Не может быть и речи о новом элементе. К тому же в августе 1934 года "Хемикер цейтунг" поместила заявление: "Инженер Одолен Коблик, председатель правления государственной урановой и радиевой фабрики в Иоахимстале, Чехословакия, подавший заявку на открытие нового элемента, богемия, сообщает нам, что он оказался жертвой ошибки. При повторном испытании обнаружено, что исследованные препараты содержали значительные количества вольфрама, своеобразное поведение которого при анализе наводило на мысль о существовании нового элемента. Как ни досаден этот факт, следует учесть чистосердечность, с которой инж. Коблик сообщает всем о своей нелепой ошибке".

Воинствующая ученыя оказалась права. Доказательства Ферми также не были убедительными; по мнению Иды Ноддак, было бы ошибочным делать заключение о существовании элемента 93 только на том основании, что не были обнаружены в качестве возможных продуктов элементы, соседние с ураном. Конечно, в уже известных ядерных превращениях всякий раз возникали изотопы либо того же, либо соседнего элемента. Однако это не всегда может быть так. Можно с тем же успехом принять, - делала Ноддак логичный вывод, - что при таких, ранее не известных, разрушениях ядра - с помощью нейтронов - могут в значительной мере происходить другие ядерные реакции, не те, которые... наблюдались до сих пор. Думается, что при обстреле тяжелых ядер нейтронами эти ядра развалятся на несколько

больших частей, которые как раз могут быть изотопами известных элементов, но не соседних с облученными".

Рассуждения Иды Ноддак должны были бы, как искра в стоге сена, перенестись к физикам-атомщикам. Однако "ученые мужи" остались равнодушными. "То, что не может быть, физически не должно быть", и никто не давал на это своего благословения, как и на смелое предположение Иды Ноддак, высказанное в 1934 году, согласно которому ядро урана могло самым настоящим образом распасться. Спрошенный позднее Отто Хан довольно мрачно заявил, что он в то время даже не рисковал цитировать гипотезу Ноддак, казавшуюся абсурдной, ибо опасался за свою репутацию ученого.

Открытия элементов идут полным ходом

Бывший сотрудник Отто Хана, радиохимик А. фон Гроссе, считал, что трансураны Ферми вовсе не новые элементы, а на самом деле изотопы 91-го элемента - протактиния. Тут заговорило честолюбие первооткрывателей протактиния. Отто Хан и Лиза Мейтнер хотели сами установить, кто же прав - Ферми или Гроссе.

То не был протактиний. Исследователям из Берлин-Далема не составило труда установить это. Если Хан и Мейтнер думали тем самым прояснить проблему трансуранов, то они, безусловно, ошибались. Результаты экспериментов были на редкость запутанными. Вещество, с трудом выделенное после облучения урана нейтронами, подвергавшееся многократному отделению, оказалось сложным, состоящим из нескольких радиоактивных изотопов. Это необычайно затруднило необходимую идентификацию новых трансуранов: ведь не только уран, но и торий под действием нейтронов может превращаться по нескольким направлениям.

Из первой работы "к проблеме урана" от декабря 1934 года постепенно вырастали все новые. К концу 1938 года, после четырехлетнего исследования, 14 публикаций свидетельствовали о работоспособности Хана, Мейтнер и Штрасмана. "Почти трагический результат", - так позднее оценил их Отто Хан.

К известным рядам естественной радиоактивности прибавились гипотетические ряды превращений урана, облученного нейтронами. Их приходилось постоянно изменять. Оказалось необычайно сложным систематизировать эти схемы распада, чтобы объяснить возникновение элементов 93, 94, 95, 96, 97, называемых также экарений, экаосмием, экаиридием, экаплатиной, эказолотом. В том, что им удалось обнаружить трансураны от 93 до 97, у немецких ученых, судя по их публикациям и докладам, никаких сомнений не было. О работах Отто Хана по изучению "природных и искусственных радиоактивных элементов последнего ряда периодической системы" сообщил 10 декабря 1935 года "Генераль анцейгер" во Франкфурте-на-Майне под заголовком "Новые элементы ... полученные искусственно!":

"...Как установил проф. Хан, искусственно получены по крайней мере три различных тяжелых элемента такого рода (трансурана) Самый устойчивый имеет период полураспада, равный трем дням. Новые элементы образуются, конечно, лишь в исключительно малых количествах. До сих пор никто не видел их своими глазами..."

Никто их не видел, и все же они должны существовать - элементы тяжелее урана?

Уже в марте 1936 года Отто Хан смог доложить о новом продукте превращения, который еще не выделил Ферми: изотопе урана ^{239}U . Для исследователя атома и его сотрудников не было ни малейшего сомнения в том, что этот бета-излучатель с периодом полураспада 23 мин должен превратиться в элемент 93 - экарений. Своими сравнительно слабыми средствами берлинские ученые не смогли, к сожалению, обнаружить продукт превращения. Помимо того, они не придали должного значения своему открытию, поскольку были убеждены, что ранее уже нашли элемент 93 и его идентифицировали.

В середине 1937 года в работы по урану включились Ирэн Жолио-Кюри и ее сотрудник Поль Савич. Однако, как бы абсурдно это ни звучало, парижские исследователи внесли, прежде всего, еще больше путаницы; они выделили новый радиоактивный элемент с периодом полураспада 3,5 ч и объявили в своей первой публикации в августе 1937 года, что это - изотоп

тория. Позднее они сообщили, что это не изотоп тория, ибо его можно химическим путем отделить от последнего. Вероятно, это - изотоп актиния (элемент 89), если вообще не новый трансуранин с неожиданными свойствами. В марте 1938 года Кюри и Савич сообщили, что после тщательного фракционирования подозрение на актиний отпало. Как ни странно, вещество с периодом полураспада 3,5 ч обладало скорее свойствами лантана (элемента 57). Через несколько месяцев они спохватились вновь: это не может быть лантан, все же это трансуранин.

В институте Отто Хана немало смеялись над стилем работы французских коллег. Элемент с периодом полураспада 3,5 ч полусутоливо, полудавито называли курьезум (Curiosum); напрашивалось сопоставление с Кюри (Curie). Однако в Берлин-Далеме должны были тайно сознаться, что они тоже ничего не сделали для идентификации нового продукта превращения.

18 ноября 1938 года в журнале "Натурвиссеншафтен" появилась еще одна работа из института Общества кайзера Вильгельма в Берлин-Далеме. Авторами были только Хан и Штрасман. Лиза Мейтнер вынуждена была покинуть фашистскую Германию из-за обострившегося расового террора. Хан и Штрасман после повторного фракционирования "курьезного" вещества с периодом полураспада 3,5 ч пришли к удивительному заключению: в нем находились три "изотопа радия", осаждаемых солями бария.

Радий образуется из урана. Это известно со времени установления ряда радиоактивного распада. Однако этот процесс протекает в течение миллионов лет. Если то, что нашли Хан и Штрасман, было правильным, то от урана (порядковый номер 92) должны были бы формально отщепиться две альфа-частицы, чтобы образовался радий (порядковый номер 88). Хан посоветовался с Нильсом Бором по поводу этого нового превращения ядра, вызванного нейтронами; теоретик не смог сказать ничего, лишь покачал головой: такого быть не может!

В декабре 1938 года химики Хан и Штрасман работали без устали, чтобы доказать физикам-атомщикам, что при облучении урана нейтронами действительно образуется радий. Однако затем ими овладели сомнения. "С этими "изотопами радия" творится что-то удивительное, о чем мы можем сообщить прежде всего только тебе,- писал Отто Хан 19 декабря 1938 года в поисках совета Лизе Мейтнер, которая нашла убежище в Стокгольме.- Периоды полураспада трех изотопов установлены довольно точно; их можно отделить от всех элементов, кроме бария... Фракционирование ничего не дает. Наши изотопы радия ведут себя, как барий...". После многочисленных индикаторных опытов у Хана и Штрасмана все больше крепла уверенность: это был барий! Из атома урана с зарядом ядра 92 образовался атом бария с зарядом ядра 56. Ядро атома урана расколосось на две половины с почти одинаковой массой. Совершенно новое явление радиоактивного распада, которое грозило поставить с ног на голову основы ядерной физики! "Мы не можем умолчать о наших данных, даже если они, быть может, и абсурдны физически",- высказался Отто Хан в следующем письме к своей бывшей сотруднице, написанном 21 декабря 1938 года.

Оба радиохимика спешно подготовили текст статьи. Они отправили статью 22 декабря, а журнал "Натурвиссеншафтен" опубликовал ее в первом выпуске нового года, 6 января 1939 года: "Об обнаружении и поведении щелочноземельных металлов, образующихся при облучении урана нейтронами". В этой исторической работе Отто Хан и Фриц Штрасман описывают, как им удалось химически обнаружить раскол тяжелого ядра урана, позднее названный делением ядра. Лиза Мейтнер получила по почте оттиск статьи.

Все неверно!

В тот момент, когда Хан и Штрасман обнаружили, что атом урана после бомбардировки нейтронами взрывается на куски (со средней массой ядер), им пришла в голову мысль: деление урана могло означать смертный приговор для всех "открытых" ранее элементов - от 93- до 97-го. Следовало ли все еще верить в эти "трансуранины"? Не лучше ли было считать, что в тех случаях речь тоже шла об осколках урана, об элементах с более низкими порядковыми номерами?

Ида Ноддак, которая теоретически признала возможность деления урана еще в 1934 году, нанесла этим "трансуранам" смертельный удар. В марте 1939 года в сообщении в "Натурвиссеншафтен" она с удовольствием перечисляла огрехи обоих радиохимиков. Она цитировала последнюю работу Хана и Штрасмана от ноября 1938 года, в которой авторы доложили об "открытии" не более не менее как семи трансуранов. И все это было совершенно неверным. Почему не учли указание Иды Ноддак, сделанное в 1934 году, которое открыватели деления урана даже не осмеливаются цитировать?

Что касается существования "трансуранов", то Хан и Штрасман были фактически вынуждены, шаг за шагом, отказаться от своих прежних высказываний. Это началось в июне 1939 года с "окончательного вычеркивания" экаплатины (96-й элемент), которая оказалась изотопом иода, и экаиридия (95-й элемент), состоявшего в действительности из смеси изотопов теллура и молибдена. Однако эти поправки были сделаны самими исследователями, а не по указанию других. В этом отношении поведение Хана и Штрасмана заслуживает всяческого уважения; они всегда публиковали свои опытные данные, тем самым вынося их на суд других ученых.

Столь искусно возведенное здание трансуранов обрушилось очень быстро. Элементы 93-97, в свое время столь "точно обнаруженные", оказались фактически не чем иным, как обломками, образовавшимися при делении урана, элементами со средней атомной массой. Ученые других стран - Франции, США, Советского Союза, Австрии - конечно, также занимались идентификацией многочисленных продуктов деления урана. Разочарование в Париже было очень большим, когда обнаружили, что "курьезное" вещество Ирэн Кюри с 3,5-часовым периодом полураспада, столь похожее на лантан, состоит, по существу, из изотопа лантана с массовым числом 141.

В более поздние годы Отто Хан неустанно рассказывал историю поисков псевдоэлементов 93-97, которая привела к открытию деления ядра, как поучительный пример научных заблуждений. При этом он не боялся самокритики; свои воспоминания он назвал: "Ложные трансураны. К истории одной научной ошибки".

Искусственные элементы

При обстреле урана тепловыми нейтронами из него образуются более легкие элементы с порядковыми номерами 35-65: это заставляло надеяться, что среди обломков будут найдены также изотопы элементов 43 и 61. Если вспомнить состояние вопроса получения элементов 43, 61, а также 85 и 87 в 1930 году, то можно было уловить заметный прогресс. Прежде всего, подтвердилось подозрение, что элементы 43 и 61 являются нестойкими веществами, которые "вымерли". Что касается элементов 85 и 87, то уже довольно давно их признали распавшимися радиоактивными веществами.

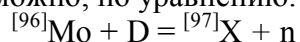
В 1934 году физик Иозеф Маттаух нашел эмпирическое правило, которое позволяет оценить устойчивость ядер изотопов. Согласно правилу Маттауха не может существовать второго устойчивого изотопа, если заряд его ядра отличается только на единицу от заряда ядра известного устойчивого изотопа с тем же массовым числом. Эта закономерность дополняет правило Харкинса, по которому элементы с нечетным порядковым номером (то есть нечетным числом протонов и электронов) распространены на Земле существенно реже, поскольку мала устойчивость их ядер.

По отношению к элементам 43 и 61 правило Маттауха можно изложить следующим образом. Исходя из их положения в периодической системе, массовое число элемента 43 должно быть около 98, а для элемента 61 - около 147. Однако уже были известны устойчивые изотопы для элементов 42 и 44, а также для элементов 60 и 62 с массами от 94 до 102 и соответственно от 142 до 150. Поскольку второй устойчивый изотоп с тем же массовым числом не может существовать, то элементы 43 и 61 должны иметь только нестабильных представителей. Несомненно, что когда-то элементы 43 и 61 были на Земле в достаточном количестве. Когда возникла наша Солнечная система, то путем сочетания протонов и нейтронов образовались все элементы. Однако за время существования Земли - 4,6

миллиардов лет - их неустойчивые представители постепенно совсем исчезли. Исключение составляют только те радиоактивные элементы, которые могли постоянно пополняться в пределах естественного радиоактивного ряда, ибо их исходные вещества - уран или торий - еще существуют на Земле, благодаря своим периодам полураспада, насчитывающим миллиарды лет. Элементы 43 и 61 к этим естественным радиоактивным рядам не относятся. Лишь в том случае, если имеется долгоживущий изотоп этих элементов, можно было бы надеяться обнаружить его радиохимические следы.

В то время как некоторые ученые все еще занимались ложными трансуранами, другим исследователям удалось найти вожделенные элементы 43 и 87. Вот история их открытия... В 1936 году Эмилио Сегрэ после женитьбы покинул Ферми и его коллег и уехал в Палермо, прежнюю столицу Сицилии. В тамошнем университете ему предложили кафедру физики. В Палермо, к своему большому сожалению, Сегрэ не смог продолжать изыскания, начатые с Ферми. В университете не было никакого оборудования для радиоактивных исследований. Быстро приняв решение, итальянский ученый поехал в Америку, чтобы ознакомиться с Калифорнийским университетом в Беркли, который славился самым лучшим оборудованием. В то время там находился единственный в мире циклотрон. "Те источники радиоактивности, которые я увидел, были поистине поразительными для человека, работавшего до этого только с Ra-Be-источниками", - вспоминал физик.

Особенно заинтересовался Сегрэ отклоняющей пластиной циклотрона. Она должна была направить поток ускоренных частиц в требуемом направлении. За счет столкновений с частицами высокой энергии - ускорялись дейтроны - эта пластина очень сильно разогревалась. Поэтому ее пришлось изготовить из тугоплавкого металла - молибдена. На этот металлический молибден, бомбардируемый дейтронами, и обратил свое внимание гость из Италии. Сегрэ предположил, что из молибдена, 42-го элемента, в результате обстрела дейтронами могли, быть может, образоваться изотопы все еще неизвестного элемента 43. Возможно, по уравнению:



Природный молибден является смесью шести устойчивых изотопов. Сегрэ предположил: а вдруг один из шести возможных радиоактивных изотопов элемента 43, в которые теоретически мог бы превратиться молибден, - хотя бы один - оказался настолько долгоживущим, чтобы выдержать морское путешествие в Сицилию. Ибо итальянский физик намеревался заниматься поисками элемента 43 только в институте на родине.

Исследователь пустился в обратный путь, имея в кармане кусок молибденовой пластины от циклотрона в Беркли. В конце января 1937 года он начал исследования при поддержке минералога и химика-аналитика Перрье. Оба, действительно, нашли радиоактивные атомы, которые по химическим свойствам можно было поместить между марганцем и рением. Количество экамарганца, которые вновь искусственно возродились на Земле благодаря исследовательскому гению человека, были невообразимо малы: от 10-10 до 10-12 г 43-го элемента!

Когда в июле 1937 года Сегрэ и Перрье доложили о синтезе первого искусственного элемента, давно вымершего на Земле - это был день, вошедший в историю. Для элемента 43 позднее нашли очень точное наименование: технеций, происходящее от греческого technetos - искусственный. Можно ли будет когда-либо получить его в весомых количествах и поддержать в руках? Вскоре удалось ответить на этот вопрос положительно, когда обнаружилось, что при делении урана возникают изотопы 43 с относительно высоким выходом. Особое внимание привлек изотоп с массовым числом 101 и периодом полураспада 14 мин. Предполагали, что вещество Ферми с периодом полураспада 13 мин, мнимый элемент 93, должен был быть изотопом элемента 43.

Естественные радиоактивные ряды имеют окончательный вид - в этом никто больше не отваживался сомневаться, в особенности после масс-спектрографической идентификации урана-235 Демпстером. Однако имелось слабое место в ряду уран - актиний. Прошло более двадцати лет с тех пор, как в этом ряду отметили "неточность", которая была почти что

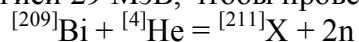
предана забвению. Еще в 1913/1914 годах на это несовпадение наткнулись английский химик Крэнстон и австрийские исследователи радиоактивности Майер, Хесс и Панет при изучении актиния. В качестве бета-излучателя актиний, как известно, превращается в радиоактиний, то есть в изотоп тория. Когда ученые изучали процесс превращения, они всегда наблюдали слабое альфа-излучение. Эту остаточную активность (примерно 1 %) обнаруживал и Отто Хан в опытах по получению чистого актиния. "Я не мог решиться на то, чтобы придать значение этой небольшой величине", - сообщил Хан позднее. Он считал, что это, скорее всего, примесь.

Прошло много лет. Французская ученой Маргарита Перей, сотрудница знаменитого Радиевого института в Париже, снова пошла по этому следу, очень тщательно очистила фракции актиния и в сентябре 1939 года смогла доложить об удачном выделении нового радиоактивного изотопа. Это был столь долго отсутствовавший элемент 87, тот альфа-излучающий побочный продукт, который дает остаточную однопроцентную активность актиния. Мадам Перей нашла разветвление в уже заполненном ряду, ибо изотоп элемента 87 точно так же превращается в актиний X, как и известный радиоактиний. По предложению Перей элемент 87 назвали францием в честь ее родины.

Правда, химики и по сей день не достигли больших успехов в изучении элемента 87. Ведь все изотопы Франция - короткоживущие и распадаются в течение миллисекунд, секунд или минут. По этой причине элемент поныне остался "неинтересным" для многих химических исследований и практического использования. При необходимости его получают искусственно. Конечно, франций можно "получать" и из естественных источников, но это - сомнительное предприятие: 1 г природного урана содержит только 10^{-18} г франция!

Когда периодическая система была открыта, недоставало 23-х элементов, теперь - только двух: 61- и 85-го. Как шла дальше охота за элементами? Летом 1938 года Эмилио Сегрэ вновь поехал в Беркли. Он намеревался изучить короткоживущие изотопы элемента 43. Безусловно, такие исследования надо было предпринять на месте. Изотопы с малым периодом полураспада не "пережили" бы путь в Италию. Едва прибыв в Беркли, Сегрэ узнал, что возвращение в фашистскую Италию стало для него невозможным из-за расового террора. Сегрэ остался в Беркли и продолжал там свои работы.

В Беркли с более мощным циклотроном можно было разогнать альфа-частицы до высоких энергий. После преодоления так называемого порога кулоновского взаимодействия эти альфа-частицы были в состоянии проникнуть даже в ядра тяжелых атомов. Теперь Сегрэ увидел возможность превратить висмут, элемент 83, в неизвестный элемент 85. Совместно с американцами Корсоном и Маккензи он бомбардировал ядра висмута альфа-частицами с энергией 29 МэВ, чтобы провести следующий процесс:



Реакция осуществилась. Когда исследователи закончили первую совместную работу, 1 марта 1940 года, они лишь осторожно высказали мысль "о возможном получении радиоактивного изотопа элемента 85". Вскоре после этого они были уже уверены: искусственно получен элемент 85, до того как он был найден в природе. Последнее посчастливилось сделать лишь несколько лет спустя англичанке Лей-Смит и швейцарцу Миндеру из института в Берне. Им удалось показать, что элемент 85 образуется в радиоактивном ряду тория в результате побочного процесса. Для открытого элемента они выбрали название англо-гельветий, которое было раскритиковано как словесная несуразица. Австрийская исследовательница Карлик и ее сотрудник Бернерт вскоре нашли элемент 85 в других рядах естественной радиоактивности, тоже как побочный продукт. Однако право дать наименование этому элементу, встречающемуся лишь в следах, оставалось за Сегрэ и его сотрудниками: теперь его называют астат, что в переводе с греческого означает непостоянный. Ведь самый устойчивый изотоп этого элемента обладает периодом полураспада только 8,3 ч.

К этому времени профессор Сегрэ пытался также синтезировать элемент 61. Между тем стало ясно, что оба соседа этого элемента по периодической системе, неодим и самарий, слабо радиоактивны. Сначала это казалось удивительным, так как в то время считали, что радиоактивность присуща наиболее тяжелым элементам. Неодим, 60-й элемент, излучал бета-

лучи, следовательно, должен был превращаться в элемент 61. Тот факт, что этот неизвестный химический элемент до сих пор не могли выделить, вероятно, объяснялся его быстрым радиоактивным распадом. Что же делать? Здесь выход заключался опять-таки в искусственном получении искомого элемента. Раз элемент 61 нельзя было найти в природе, физики попытались его синтезировать.

В 1941/42 годах ученые Лоу, Пул, Квилл и Курбатов из Государственного университета в Огайо бомбардировали редкоземельный элемент неодим дейтронами, разогнанными в циклотроне. Они обнаружили радиоактивные изотопы нового элемента, который назвали циклоном. Однако это был лишь след, оставленный на фотопленке.

Каковы были успехи Эмилио Сегрэ? Он облучал альфа-лучами празеодим - элемент 59. Однако переработка безусловно синтезированных им изотопов элемента 61 оказалась слишком сложной. Выделение их из других редкоземельных элементов не удалось.

Об одном безрезультатном исследовании пришло известие из Финляндии. Еще в 1935 году химик Эрметсе начал анализировать концентраты смеси оксидов самария и неодима на природное содержание в них 61-го элемента. Для этой цели было переработано несколько тонн апатита.

Первый этап борьбы за 61-й элемент имел ничейный результат. Нельзя было даже принять предложенное название "циклоний".

Нептуний

Если не учитывать предстоящую идентификацию 61-го элемента, то к началу 40-х годов были известны все 92 элемента периодической системы. Свободных клеток в ней уже не было. А как обстояло дело со спорными элементами по другую сторону урана? После распутывания вопроса с продуктами деления урана от прежних "трансуранов" не осталось почти ничего. Имелось лишь одно-единственное исключение: изотоп урана с массовым числом 239, обнаруженный Отто Ханом с сотрудниками еще в марте 1936 года, был истинным. Хотя это был не новый элемент, но он излучал бета-лучи, следовательно, должен был переходить в следующий, 93-й элемент.

Как мы уже знаем, исследователи из Берлин-Далема не обнаружили 93-й элемент, потому что они располагали лишь слабыми источниками нейтронов. Они и не искали его более. Ведь ученые считали, что идентифицировали другой представитель элемента 93- экарений. В то время они еще не подозревали, что это были ложные трансураны. Примешалась, конечно, и неудача: ведь Отто Хан и его сотрудники уже тогда могли бы получить определенное количество 93-го элемента после длительного облучения нейтронами больших количеств урана. Позднее, оценивая "почти трагическую путаницу", которой тогда были все охвачены, Отто Хан сказал: "Тут от нас ускользнула Нобелевская премия". Ибо американцы Мак-Миллан и Абельсон были удостоены Нобелевской премии за открытие 93-го элемента, о котором они дали знать 15 июня 1940 года.

Как же пришли к открытию элемента 93, означавшему прорыв в неизвестную область химии? После опубликования работ Хана и Штрасмана о делении ядра американский физик Эдвин Мак-Миллан захотел определить пути пробега богатых энергией осколков урана. В Беркли для этого он располагал в основном тремя вещами: циклотроном, некоторым количеством соли урана и... пачкой папиросной бумаги. Циклотрон работал как источник нейтронов: разогнанные дейтроны падали на бериллий и высвобождали поток нейтронов, во много раз превышающий тот, что могли получить Хан и Штрасман. Мак-Миллан смочил первый листочек папиросной бумаги раствором соли урана и направил на него поток нейтронов. Листочки, лежащие под ним, должны были уловить разлетающиеся на различные расстояния продукты деления.

К своему удивлению, американский физик нашел два источника активности, резко отстоящих от других продуктов деления, с периодами полураспада 23 мин и 2,3 дня. Уже известно было вещество с периодом полураспада 23 мин. Это был найденный Ханом ^[239]U. Другие атомы, распадавшиеся с периодом полураспада 2,3 дня, могли, как заключил Мак-

Миллан, принадлежать продукту, образуемому из бета-излучателя, то есть из ^{239}U , а именно новому элементу 93.

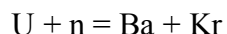
Будучи физиком, Мак-Миллан чувствовал себя недостаточно компетентным, чтобы установить химические свойства изотопа, которые позволили бы дать однозначную идентификацию этого элемента. В это время ему попался на глаза Эмилио Сегрэ. Тот предложил провести необходимые химические исследования. В июне 1939 года Сегрэ доложил о результатах. Многозначительным является уже сам заголовок его сообщения: "Неудачный поиск трансурановых элементов". Сегрэ пришел к совершенно отрицательному выводу: активность в 2,3 дня принадлежит не трансурану, а редкоземельному элементу, то есть одному из обычных продуктов деления урана. Лишь последующие исследования должны были показать, что даже такой опытный исследователь, как Сегрэ, может однажды ошибиться.

Неудача не отняла решимости у Мак-Миллана. К счастью, в начале 1940 года в Калифорнийский университет приехал на несколько дней его соученик, Филип Абельсон, с тем, чтобы провести там каникулы. Однако из отпуска ничего не получилось. Работая неустанно день и ночь, Мак-Миллан и Абельсон утвердились во мнении, что открыт первый элемент за пределами классической периодической системы: элемент 93! Сложный путь открытия привел Мак-Миллана и Абельсона к мысли назвать этот элемент, находящийся по другую сторону урана, нептунием. Когда в 1781 году была открыта планета Уран, считали, что нашли самую последнюю и наиболее удаленную от Земли планету. Однако планетная система постепенно выдавала свои дальнейшие тайны. Расчеты француза Леверье на основе отклонений в орбите Урана показали, что по другую сторону Урана должна вращаться еще одна планета. Леверье точно указал, где ее нужно искать. В 1846 году астрономом Галле была открыта на небосводе новая планета - Нептун.

Два атомарных пушечных ядра

Исследователи, в том числе и Отто Хан, занимались идентификацией осколков урана; однако физиков, прежде всего, интересовала другая проблема: какой энергией вызывалось паразитическое деление ядра урана и каков был энергетический баланс?

Благодаря переписке с профессором Ханом, Лиза Мейтнер была первой из посторонних информирована о делении урана. Об этом еще не знали даже физики из института Отто Хана, а Лиза Мейтнер уже размышляла о необычном ядерном эффекте. Эту проблему она обсуждала со своим племянником, Отто Робертом Фришем. Фриш, эмигрант, как и Лиза Мейтнер, начал работать в институте Нильса Бора в Копенгагене. Исследователи первыми дали физическое толкование эффекта, открытого Ханом и Штрассманом, и указали, что такое "разваливание" на два близких по величине осколка энергетически возможно:



Из дефекта массы, возникающего при делении такого рода, Мейтнер и Фриш по уравнению Эйнштейна $E = mc^{[2]}$ рассчитали энергетический эффект. Они получили неправдоподобно большую величину: 200 МэВ на 1 моль атома! Такую энергию еще не наблюдали ни в процессах ядерных превращений, ни тем более в химических реакциях: например, 1 моль атома углерода при сгорании дает лишь 2 эВ энергии, а 1 моль атома урана при своем делении - в сто миллионов раз больше!

Нильс Бор, которому Фриш сообщил о новом физическом ядерном процессе, в первый момент потерял дар речи. Затем великий теоретик ударил себя по лбу: "Как мы только могли это просмотреть!"

26 января 1939 года в Вашингтоне состоялась конференция по теоретической физике, на которую был приглашен и Бор. Он доложил собранию о делении атома урана. Не успел он договорить до конца, как несколько американских физиков вскочили, как ужаленные, со своих мест. В смокингах ворвались они в свои лаборатории, чтобы собственноручно проверить открытие, которое они прозевали.

Бор и Ферми были приглашены принять участие в одном из таких экспериментов. До позднего вечера взгляды физиков были прикованы к осциллографу, светящиеся импульсы

которого указывали на выделяющуюся энергию распада и были столь мощны, что, казалось, они взорвут экран. Было ли это выделением атомной энергии? Велись торопливые дискуссии. Спросили у Ферми, почему он не заметил деления урана еще в 1934 году? Осколки, богатые энергией, должен был обнаружить даже его примитивный счетчик. Ферми схватил себя за голову: конечно же! Но он в свое время поместил фольгу между облученным ураном и счетчиком, для того, чтобы устранить естественную радиоактивность урана. Тончайшую фольгу, однако она поглощала и осколки. Вот и осталось деление ядра в то время не открытым.

30 января 1939 года под крупным заголовком "Огромная энергия, высвобожденная атомом урана" газета "Нью-Йорк таймс" сообщила об удачных повторных экспериментах американцев: "Деление атома урана на две части, из которых каждая представляет собой гигантское атомарное пушечное ядро с огромной энергией в 100 000 000 электронвольт^[67], - это величайшая энергия атома, которая когда-либо высвобождалась человеком".

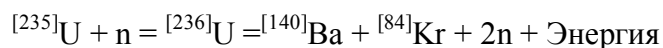
К началу 1939 года большинство ученых уже знали, что в результате бомбардировки нейтронами отдельные атомы урана могут делиться с выделением энергии. Однако это не была еще цепная реакция, вызывающая волну атомного распада, как того опасались Резерфорд и другие. Конечно, была найдена "спичка" для поджигания атомного огня; однако "огонь" угасал, как только удаляли источник нейтронов. Для поддержания деления урана требовалась постоянно возобновляющаяся реакция, протекающая самопроизвольно, без дополнительного подвода энергии извне. Вечно сияющие звезды и наше Солнце являются практическими примерами того, что для непрерывного выделения атомной энергии необходимы определенные ядерные цепные реакции.

Для осуществления такой цепной реакции при делении урана нужно было, чтобы при каждом делении образовались дополнительные нейтроны, которые могли бы, в свою очередь, разрушить новые атомы урана. Тогда такой процесс распространялся бы лавинообразно и с мгновенной скоростью высвобождал бы гигантские количества энергии.

Сначала Фредерику Жолио-Кюри удалось получить экспериментальное доказательство того, что, действительно, при делении образуются нейтроны. Практически в то же время, в марте 1939 года, в США Сцилард и Цинн провели решающий эксперимент. Вот как они описали захватывающий ход опыта: "Мы дошли до того момента, когда оставалось лишь нажать на кнопку и наблюдать за фосфоресцирующим экраном. Если бы там возникли вспышки, это означало бы, что при делении урана испускаются нейтроны. Тогда высвобождение атомной энергии стало бы возможным еще при нашей жизни...". Затем они нажали на кнопку, увидели вспышки и наблюдали их, не отрываясь, минут двадцать. "В тот вечер стало ясно, что мир вступил на путь, полный тревог",- сказал Сцилард. А вот что говорил Резерфорд незадолго до своей смерти в октябре 1937 года: "Всякий, кто видит в превращении атома источник энергии, болтает чепуху". Сейчас, через два года, все выглядело совсем иначе.

Теперь многие атомщики полагали, что найден прямой путь для использования энергии атома. Однако их оптимизм заметно умерило высказывание Бора. В феврале 1939 года датский ученый поразил всех гипотезой, что делиться способен только изотоп урана с массовым числом 235. Это замечание обескураживало ибо природный уран состоит в основном из неделящегося урана-238 и лишь на 0,7 % из урана-235. Поэтому неминуем был предварительный процесс обогащения этого урана-235, если не выделение его в чистом виде в килограммовых количествах. Даже опытным физикам-экспериментаторам это казалось никогда не достижимым.

Трудности обнаружались уже на последующих этапах. Потребовался все же целый год, чтобы экспериментально проверить гипотезу Бора и ... подтвердить ее. Американский физик Нир с помощью специально сконструированного им масс-спектрографа с трудом отделил целых две тысячных миллиграмма урана-235 от урана-238. Он установил, что при бомбардировке нейтронами, действительно, делится лишь редкий изотоп урана. Теперь можно было записать полное уравнение деления ядра:



При захвате одного нейтрона из урана-235 образуется неустойчивый уран-236, который делится на изотоп бария и изотоп криптона с выделением двух нейтронов, гамма-лучей и высвобождением энергии. Следовательно, деление ядра урана является новым типом превращения элементов. В этом процессе в идеальном виде осуществляется и другая цель атомщиков: высвобождение атомной энергии.

Несколько исследовательских групп - в США, в СССР, во Франции, Германии, Австрии - в 1939 году ухватились за деление урана, открытое Ханом и Штрасманом. В течение одного года появилось более ста научных публикаций по теме "Nuclear Fission"^[68]. Пожалуй, никогда еще новое открытие не было так быстро и основательно обработано, перепроверено и истолковано. Накопилась уйма экспериментального и теоретического материала.

Советские физики Я. Б. Зельдович и Ю. Б. Харитон первыми дали математический расчет цепной реакции урана. Их коллега Я. И. Френкель сформулировал - независимо от Мейтнер, Фриша, Бора и Уилера - теорию распада урана. Наконец, в июне 1940 года Г. Н. Флеров и К. А. Петржак обнаружили, что атомы урана распадаются не только под действием нейтронов, но также и самопроизвольно, без внешнего воздействия. Для урана, правда, такое явление наблюдается очень редко. Эффект был подтвержден сначала немецким физиком Гейнцем Позе. В калийном руднике глубиной 450 м он смог обнаружить спонтанное деление урана без помех космического излучения. Флеров и Петржак обрадовались этому; ведь обычно весьма желательно получить от других ученых подтверждение нового эффекта. Сначала спонтанному делению ядер тяжелых атомов не могли найти применения. В настоящее время этот эффект приобрел значение для ядерной физики.

Экспериментальные результаты, полученные советскими физиками непосредственно после открытия деления ядра, доказывают атомные исследования в СССР уже тогда были на высоком уровне. Еще раньше, в 1922 году, один из крупнейших советских ученых, геохимик В. И. Вернадский, указал на значение основополагающих исследований по ядерной физике и не поспешил на предостережения. Уже недалеко то время, предупреждал ученый, когда человек получит в руки энергию атома, такой источник энергии, который даст ему возможность построить свою жизнь так, как он пожелает. Это может произойти либо в ближайшие годы, либо через сто лет. Верно только то, что так будет. Использует ли человек эту силу для добра или для самоуничтожения? Созрел ли он для использования этой силы, которую ему непременно передаст наука?

Исследователи атома заблаговременно строили планы того, как практически использовать энергию деления урана. Некоторые надежды пробудила обзорная статья, опубликованная в "Натурвиссеншафтен" 9 июня 1939 года: "Можно ли использовать в технике энергию, заключенную в ядрах атомов?" Автором обзора был физик Зигфрид Флюгге, ассистент института Отто Хана. Флюгге рассчитал, исходя из энергии, выделяющейся при делении ядра, что 1 м^[3] оксида урана должно хватить, чтобы поднять 1 км^[3] воды массой в 10^[9] т на высоту 27 км. Физик описал также, что именно необходимо, по представлениям того времени, для создания "урановой машины", вырабатывающей энергию.

Потом наступило 1 сентября 1939 года. В этот день с нападения Гитлера на Польшу началась вторая мировая война. Два дня спустя фашистская Германия находилась уже в состоянии войны с Англией и Францией. Начиная с этого времени на интернациональные атомные исследования, столь свободно проводившиеся ранее, опустилась завеса недоверия. Ученые, изгнанные из гитлеровской Германии, сами ставшие свидетелями агрессивности и жестокости фашизма, с ужасом думали о том, что было бы с человечеством, если бы эта война велась с использованием атомного оружия. Многие вспоминали предостерегающие слова Фредерика Жолио-Кюри, произнесенные при вручении ему Нобелевской премии в 1935 году. Уже тогда французский ученый опасался, что когда-нибудь, если наука сможет по желанию строить или разрушать элементы, будут осуществлены ядерные превращения взрывного характера. Тогда, безусловно, появится большая опасность - возможное развязывание катастрофы.

Глава 6

ЭЛЕМЕНТЫ, СОЗДАННЫЕ РУКОЙ ЧЕЛОВЕКА

Программа атомной бомбы

Ход событий в фашистской Германии показал, что правы были те, кто предостерегал от гитлеровской атомной бомбы. В апреле 1939 года физик Пауль Хартек послал письмо в военное министерство рейха, чтобы привлечь внимание к новейшим достижениям в ядерной физике; они, быть может, дадут возможность разработать взрывчатое вещество на несколько порядков более действенное, чем те, которыми располагают в настоящее время. Это заявление послужило началом для тайного предприятия фашистов. Уже летом 1939 года в отделе вооружения армии было создано отделение ядерной физики. Руководить им поручили физику Курту Дибнеру - армейскому специалисту по взрывчатым веществам. На окраине Берлина на опытном полигоне вермахта Дибнер получил возможность выделить себе участок для экспериментирования.

Физики также настойчиво указывали исследовательскому совету рейха на значение процесса деления урана. Поэтому в Германии вскоре появились две соперничавшие исследовательские группы, которые с начала второй мировой войны вели изучение урана в военных целях. Фашисты принуждали специалистов к сотрудничеству методом, казавшимся им самым простым: уже в первой неделе сентября они разослали физикам призывные повестки.

Курт Дибнер и лейпцигский физик Эрик Багге, ассистент профессора Вернера Гейзенберга, в соответствии с приказом наметили "рабочий план по производству опытов для практического использования деления ядра". В пределах этой программы каждому специалисту были указаны свои задачи. В. Гейзенберг и К. Ф. фон Вейцекер - ведущие немецкие атомные теоретики - обязывались работать над теоретическими проблемами. 6 декабря 1939 года Гейзенберг представил отделу вооружения армии доклад "О возможности технического получения энергии при делении урана". Эту работу можно считать первой общей концепцией для разработки так называемой урановой машины, именуемой теперь урановым или атомным реактором.

В ней указано, что самый верный метод для конструирования такой машины состоит в обогащении изотопа ^{235}U . Этот метод - единственный для получения взрывчатых веществ, разрушительная сила которых будет на несколько порядков превосходить известные сильнейшие взрывчатые вещества. Для выработки энергии можно использовать и обычный уран, без обогащения, если его соединить с другим веществом, которое могло бы замедлить нейтроны, не поглощая их. Вода для этой цели не подходит. По имеющимся данным, ЭТОго можно достичь с помощью тяжелой воды или очень чистого графита.

Тяжелая вода представляет собой соединение тяжелого изотопа водорода - дейтерия (D_2O). В обычной воде (H_2O) ее содержится до 0,015 %. Для того, чтобы получить тяжелую воду, требуется длительный процесс электролиза; и все же немецкие ученые отдали предпочтение такому замедлителю. В мае 1940 года немецкие войска в результате нападения на Норвегию взяли под свой контроль единственный электролизный завод мира, производивший тяжелую воду, - Норск Гидро в Рjukanе. Тем самым, казалось, был расчищен путь для фашистской программы урановой бомбы. Параллельно с попытками запустить "урановую машину" предпринимались работы по обогащению атомного взрывчатого вещества ^{235}U . Различные исследовательские группы пытались найти оптимальный технический вариант. Были планы обогащения необходимого изотопа урана исходя из газообразного гексафторида урана с помощью ультрацентрифуг, сепараторов изотопов или же диффузионным методом. Манфред фон Арден, владевший частной лабораторией в Берлин-Лихтерфельде, считал, что природные изотопы можно разделить масс-спектрографически.

Атомная программа США вначале во многом напоминала разработки, проводившиеся в Германии. 2 августа 1939 года Альберт Эйнштейн, который, спасаясь от фашистского варварства, эмигрировал из Германии, подписал письмо президенту США Рузвельту,

составленное физиками-атомщиками Сцилардом и Вигнером. В нем говорилось, что на основе открытого недавно процесса деления урана теперь есть возможность изготавливать бомбы нового вида с величайшей взрывной силой. Следует опасаться, что в Германии уже работают над этим.

Письмо Эйнштейна явилось прелюдией для создания централизованного американского проекта атомной бомбы. Такая программа стала настоятельно необходимой, когда к концу 1941 года американцы сами были втянуты в войну, а со всех сторон шли вести об опасном скачке в области немецких атомных исследований. Американские военные твердо ухватились за так называемый Манхэттенский проект. Под руководством генерала Гровса были объединены все крупные атомные силы США и сотни тысяч техников и рабочих. Среди них были ученые высокого ранга: Лоуренс, Бете, Сиборг, Нир, Юри, Сцилард, Вигнер, Теллер, Оппенгеймер. Не следует забывать также эмигрантов Ферми, Сегрэ, Дж. Франка. Позднее к ним примкнул Фриш и временами присоединялся Нильс Бор, который в 1943 году с трудом спасся бегством от преследований гестапо.

В СССР примерно в то же время планировались подобные мероприятия. Академик Н. Н. Семенов в 1941 году указал Народному комиссариату тяжелой промышленности на возможность производства атомного оружия. В июне 1941 года германские фашисты напали на Советское государство, и все планы атомных исследований пришлось отложить. Через год, в мае 1942 года, советский физик Г. Н. Флеров сообщил Государственному Комитету Обороны, что следует безотлагательно приступить к изготовлению атомной бомбы. Когда в 1943 году Красная Армия все больше вынуждала фашистского агрессора к обороне, можно было вновь взяться за выполнение собственной программы атомных исследований. Однако тяжелые раны, нанесенные мировой войной Советской стране, не позволяли развить столь мощную атомную индустрию, как на обойденной войной территории Соединенных Штатов. Там, в малонаселенных пространствах выростали, как грибы, гигантские установки и целые города. В Ок-Ридже (штат Теннесси) американцы выстроили километровую установку для разделения изотопов урана газодиффузионным и электромагнитным методами. В Хэнфорде на реке Колумбия на территории 1800 км² воздвигли большие промышленные установки для получения 94-го элемента, значение которого как атомного взрывчатого вещества американцы уже оценили.

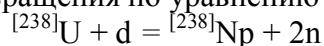
Посередине пустыни Нью-Мексико, на недоступном высоком плато, возникла лаборатория атомной бомбы США - Лос Аламос. Выдающиеся атомщики под руководством Роберта Оппенгеймера работали здесь над конечной ступенью - соединением делящихся изотопов в атомное взрывчатое вещество. Было рассчитано, что они могут взорваться только при определенной критической массе. Необходимо было очень быстро соединить две докритические части, чтобы поджечь бомбу. Тогда один-единственный нейтрон в доли секунды развяжет атомную цепную реакцию.

Сначала предполагалось привести в соприкосновение необходимые количества ²³⁵U или 94-го элемента высокой чистоты. Но для этого потребовалось бы несколько килограммов веществ. Теперь уже не является секретом, что критическая масса этих делящихся изотопов составляет 22,8 кг для ²³⁵U и 5,6 кг - для элемента 94. Как же можно получить столько элемента 94 - элемента, которого вовсе нет в природе? Искусственно добытые элементы в то время были получены лишь в невидимых, невесомых количествах.

Плутоний - первый искусственный элемент, увиденный человеческим глазом

93-й элемент, нептуний, испускает бета-излучение. Поэтому его первооткрыватели, Мак-Миллан и Абельсон, довольно однозначно утверждали в статье от 14 июня 1940 года, что элемент 94 наверняка содержится в продуктах распада нептуния. Однако обнаружить это им не удалось. Препараты были слишком слабы, чтобы можно было идентифицировать элемент 94, по-видимому, весьма долгоживущий. Поэтому Мак-Миллан совместно с коллегами Сиборгом, Сегрэ, Кеннеди и Валем пошли по другому пути.

В декабре 1940 года в Беркли они облучили уран дейтронами, разогнанными в 60-дюймовом циклотроне. Изотоп нептуния, возникающий в результате элементарного превращения по уравнению



должен был распасться в изотоп-238 элемента 94 с излучением бета-частиц. Тогда в Беркли никто не сомневался в этом. Однако, чтобы обнаружить элемент 94, американцам пришлось затратить несколько месяцев. Ведь элемент считается открытым только тогда, когда однозначно выделен один из его изотопов, охарактеризован физически и химически и определен его порядковый номер. Совершенно новый элемент должен проявлять свойства, которые явно отличают его от уже известных соседей по периодической системе. В ночь на 23 февраля 1941 года пробил час рождения 94-го элемента, вернее, его изотопа-238. Мак-Миллан уже не мог непосредственно участвовать в этом открытии. В конце 1940 года он был призван на военную службу.

Необходимо вернуться по времени немного назад. Решение о том, чтобы провести опыты по получению элемента 94 с помощью циклотрона в Беркли, было принято на совещании физиков 15 и 16 декабря 1940 года в Колумбийском университете, в Нью-Йорке. Лоуренс уступил натиску своих коллег Сегрэ и Ферми и выразил готовность предоставить в их пользование свой циклотрон. Все находились под впечатлением смелого полета мысли Ферми. Ведь эмигрировавший итальянец уже давно занимался теоретическим обоснованием "урановой машины". Он весьма убедительно доказал своим коллегам, что в таком "урановом котле" должен образовываться 94-й элемент. Последний должен был предположительно обладать той же способностью деления, что и уран-235. Поэтому, считал ученый, настоятельно необходимо пытаться наладить синтез этого элемента, хотя бы в малых масштабах, с тем, чтобы узнать его свойства.

Историки науки многократно подчеркивают, что Нью-Йоркская конференция явилась историческим поворотным моментом: в декабре 1940 года впервые была развита теория делимости неизвестного 94-го элемента. Однако в это время всемирный обмен научными идеями был уже сильно ограничен секретными преградами, поставленными войной. В американском специальном журнале "Физикл ревью", очень популярном, с июля-августа 1940 года не появлялось никаких сообщений по урановой проблеме.

Поэтому историки не заметили работу немецкого физика Карла фон Вейцекера. В то время, когда все физики-атомщики уповали на получение ядерной энергии путем деления урана-235, Вейцекер основывался уже на возможности получения энергии из урана-238. Эти соображения содержались в его докладе от 17 июля 1940 года, подготовленном для отдела вооружения армии.

По представлениям Вейцекера, в запущенной урановой машине из неделящегося урана-238, считавшегося бесполезным, должен был путем поглощения нейтронов образовываться трансурановый 94-й элемент. Его изотоп-239, как и уран-235, является атомным делящимся веществом. Быть может, вообще было бы выгоднее, полагал Вейцекер, сосредоточить свое внимание на легко выделяемом элементе 94, чем проводить трудоемкое обогащение и отделение урана-235.

Вернемся к событиям 1941 года в США. Для элемента 94 уже известен был изотоп-238; он был неделящимся, следовательно, неинтересным. Поэтому физики-атомщики США направили все усилия на получение делящегося изотопа-239. В марте 1941 года 1,2 кг чистой соли урана, замурованной в большой парафиновый блок подвергли в циклотроне бомбардировке нейтронами. Это было до тех пор самое большое количество вещества, которое подвергли превращению. Два дня и две ночи длилась бомбардировка "крепости" уранового ядра. Были получены приблизительно 0,5 мкг изотопа-239 элемента 94. Появление нового элемента, как и было предсказано теорией, сопровождалось потоком альфа-частиц.

28 марта 1941 года американские физики собрались в Беркли для решающего эксперимента. Сиборг, Сегрэ, Кеннеди, Лоуренс взволнованно следили за экраном осциллографа, который должен был показать, способен ли новый элемент к делению. Опыт

полностью подтвердил теорию: было найдено второе атомное взрывчатое вещество, даже мощнее предыдущего, так как для него требовалась меньшая критическая масса.

Начиная с этого момента все исследовательские работы с элементом 94 стали в США строго секретными. Номер 49 - таков был код для изотопа-239 элемента 94. И все те, кто работал над атомной бомбой, изготовляемой из 94-го элемента, так и назывались - сорок девяты. В сообщении от мая 1941 года Лоуренс подвел итоги достигнутым успехам и рекомендовал как можно скорее получить необходимое количество 94-го элемента для уранового котла. Не зная соображений Вейцекера, в США пришли к тем же выводам.

Немецкие исследователи атома тоже не оставались бездейственными. В лаборатории Манфреда фон Ардена были разработаны основы для получения 94-го элемента. В августе 1941 года гость института, физик Фриц Хоутерманс, закончил свой секретный доклад "К вопросу о развязывании цепных ядерных реакций". В нем он указывал теоретические возможности для изготовления в урановом котле нового взрывчатого вещества из природного урана.

94-й элемент обладает тем преимуществом, что он явно отличается по своим свойствам от урана, так что их сравнительно легко разделить. Такое химическое разделение происходит гораздо проще, чем трудоемкое отделение изотопов урана-235 и урана-238. Чтобы предпринять разделение в лаборатории, а затем - как предусмотрено - в производственном масштабе, безусловно, необходимо было заранее установить свойства этого искусственного элемента. Однако для аналитических химических исследований требовались весомые количества вещества. Откуда их взять? Ведь речь идет об элементе, которого нет на Земле. Или это все же не так?

В течение 1942 года американцы весьма серьезно занимались поисками трансуранов 93 и 94 в природных минералах. Трудоемкая переработка урановых руд из Колорадо и Нью-Мексико дала отрицательный результат. Если 94-й элемент там вообще есть, утверждали американские специалисты, то содержится он в рудных концентратах в соотношении $1 : 10^{14}$ что говорит о невозможности его выделения. До последнего момента возлагали большие надежды на урановую смоляную руду из района Большого Медвежьего озера в Канаде. В руде, которая содержит сорок различных элементов, надеялись найти трансураны. Однако и эта надежда не оправдалась.

Единственное, что нашли, так это подходящее название для нового элемента. Снова представилась возможность провести параллель с астрономией. В 1930 году произошло знаменательное событие: по ту сторону Нептуна была открыта новая планета - Плутон. Английский астроном Ловелл уже давно предсказывал ее существование и тем самым проявил себя не только как автор фантастических рассказов. Элемент 94 назвали в честь новой планеты плутонием. В таком наименовании заключено предзнаменование: ведь 94-й элемент, как следует из классической мифологии, носит имя бога смерти.

Как же шло дело с попытками получения заметных количеств плутония? В циклотроне были получены лишь микрограммовые количества - тысячные доли миллиграмма. Использование циклотрона для синтеза искусственных элементов означало большой технический прогресс. Было высчитано, что с обычными радио-бериллиевыми источниками нейтронов на получение 0,15 г плутония из урана потребовалось бы 200 лет. Такое же количество в циклотроне можно было получить за два дня, если использовать нейтроны, выбиваемые разогнанными дейтронами из бериллиевой мишени.

В августе 1942 года американцам Каннингему и Вернеру удалось получить около 1 мкг плутония. Через месяц, 10 сентября 1942 года, впервые было взвешено видимое количество искусственно изготовленного элемента: 2,77 мкг оксида плутония. Для этого специально были сконструированы микровесы с кварцевой нитью. В конце 1942 года уже имелось 500 мкг - полмиллиграмма соли плутония. Это количество слишком мало даже для того, чтобы изготовить булавоочную головку. Поразительна разработанная Каннингемом техника работы, ставшая основой ультрамикрoанализа; необходимость работы с микроколичествами вещества заставила использовать совершенно новые формы искусства химического эксперимента.

Лабораторный стол уступил место микроскопу. Почти все манипуляции пришлось проводить под стереомикроскопом. Обычные лабораторные стаканы и Колбы сократились до размеров тончайших капилляров с внутренним диаметром от 0,1 до 1 мм. В них помещали объемы жидкости от 10^{-1} до 10^{-5} мл и проводили химические реакции. Об этих работах значительной научной ценности по выделению и изучению 94-го элемента научный мир узнал только в послевоенные годы, когда с них была снята завеса секретности.

Основываясь на свойствах плутония, изученных ультрамикрометодами, был сделан смелый шаг: проектирование и постройка промышленных установок для изготовления и очистки этого делящегося элемента в масштабе 1:1000 000 000. Работа была начата в США в то время, когда еще не функционировал ни один реактор для синтеза плутония. Последний американцы запустили лишь 2 декабря 1942 года: под трибуной спортивного стадиона в Чикаго Энрико Ферми успешно поджег урановый котел, состоящий из слоев 6 т урана, 36,6 т оксида урана и 315 т чистейшего графита. В ход была пущена самоподдерживающаяся цепная реакция: управляемая, а следовательно, не разрушительная, как того боялись. Впервые "урановая машина" вырабатывала энергию, хотя сначала только 200 Вт. Также впервые в урановом реакторе образовывался элемент плутоний: элементы в реакторе искусственно превращались друг в друга в весомых количествах.

Для атомной промышленности США удачный эксперимент Ферми означал последний этап к осуществлению производства плутония в Хэнфорде. С невероятной поспешностью были установлены три гигантских урановых котла на южном берегу реки Колумбия. Атомный реактор Ферми работал, как часы. Когда в годы войны эти реакторы были запущены на полную мощность, они помимо большого числа радиоактивных изотопов вырабатывали ежедневно около 1,5 кг плутония. Кроме того, в процессе ядерного деления выделялось много энергии, которая не находила применения и лишь нагревала воду реки.

Когда американскому журналисту Вильяму Лоуренсу, автору нескольких популярных брошюр по атомной энергии, разрешено было побывать в Хэнфорде, увиденное поразило его. По его словам, не было никакого признака того, что в этом гиганте, построенном рукой человека, свирепствует космический огонь; что в его утробе происходит тот процесс созидания элементов, который, вероятно, протекал миллионы лет назад, когда возникали основы нашего мироздания. Все казалось каким-то нереальным. Установка работала в неестественной тишине, в которой можно было услышать биение собственного сердца.

Ферми использовал для своего реактора графит в качестве замедлителя. Немцы, как известно, предпочли тяжелую воду. Однако таким путем они не достигли цели. К тому же фашистская Германия была близка к гибели и не располагала теми мощными материальными и техническими средствами, которые имелись в США. Немецкая модель урановой машины не достигла критической массы; нельзя было получить 94-й элемент. Все другие работы по выделению атомного взрывчатого вещества уран-235 тоже не были закончены до конца войны. К счастью для народов, гитлеровская атомная бомба так и осталась страшным видением.

"Ад" и "безумие"

Благодаря точным ультрамикрхимическим работам ученые очень скоро стали располагать всеми основными физико-химическими данными для искусственного элемента плутония. Теперь исследователи с некоторой гордостью заявляют, что о плутонии известно больше, чем о каком-нибудь классическом элементе, скажем, железе.

Когда в конце 1943 года в США смогли "наскрести" несколько миллиграммов плутония, в Чикагском университете группа Гленна Сиборга и Альберта Гиорсо стала работать над синтезом и обнаружением других ближайших трансуранов - 95- и 96-го. Они, несомненно, также должны образовываться в атомном реакторе в результате многократного захвата нейтронов ураном. Однако не было смысла выделять неизвестные элементы из продуктов деления до тех пор, пока не будут известны их химические и физические свойства. Поэтому Сиборг с сотрудниками хотели сначала получить эти трансураны при помощи циклотрона бомбардировкой плутония нейтронами или дейтронами. Между тем опыты, длившиеся

месяцами, не давали каких-либо сдвигов. Появились сомнения в правильности использования методов разделения.

Прежние представления, согласно которым элементы 93, 94, 95 являются аналогами рения, осмия и иридия, то есть должны проявлять те же химические свойства, были разрушены с открытием нептуния и плутония: в этом месте периодическая система элементов была неверна! Экарений - нептуний и экаосмий - плутоний, как ни странно, совершенно не имели сходства с рением или осмием. Поэтому Сиборг предположил, что трансураны вместе с ураном относятся к новой группе элементов, являющихся преимущественно шестивалентными. Однако как ни привлекателен был этот вариант, как раз для него не было химических доказательств. Все операции, предпринятые для выделения полученных элементов 95 и 96, не приводили ни к чему, если исходить из их 6-валентности.

Сиборг вновь и вновь перепроверял свои представления. Быть может, аналогично 14 лантаноидам (редкоземельным элементам) существует также группа из 14 "актиноидов", которая следует за актинием и заканчивается 103-м элементом? В этом случае элементы 95 и 96 должны иметь электронные конфигурации, сходные с их "родственниками" - европием (элемент 63) и гадолинием (элемент 64), то есть должны быть преимущественно трехвалентными.

Завороженная этой мыслью группа Сиборга рискнула сделать отважный прыжок в неизвестное. Они хотели, прежде всего, синтезировать элемент 96, чтобы на нем проверить свои представления. Летом 1944 года они бомбардировали 10 мг плутония - больше не было - альфа-частицами из циклотрона в Беркли:



Опыт удался, удалась и химическое разделение и идентификация элемента 96. Появилась актиноидная концепция Сиборга: актиноиды являются не чем иным, как экалантаноидами. Это следовало учитывать при размещении их в периодической системе. Так получилось, что 96-й элемент был открыт еще до 95-го. Однако химическое разделение обоих элементов долгое время казалось невыполнимым. Один сотрудник из группы в Беркли предложил назвать эти трансураны "пандемониум" (ад) и "делириум" (безумие). Разделение удалось только в 1945 году и лишь с помощью новой техники, которая основывалась на селективности только что разработанных ионообменных смол. Выделенный 96-й элемент назвали кюрием в честь Марии Кюри. Для 95-го элемента предложили название америций, исходя из его лантаноидного аналога - европия. Когда позднее было получено первое видимое глазом количество искусственного элемента америция и его хотели запечатлеть на пленке, в Беркли отыскивали подходящий для сравнения масштаб: маленькое игольное ушко. И все же оно было больше, чем количество америция, собранное на крошечном центрифужном стеклышке!

Чтобы получить следующие трансураны, нужно было располагать достаточно большими количествами америция и кюрия в качестве веществ для мишени. Вопрос касался не только их синтеза и выделения, но и лучевой защиты, ибо новые трансураны оказались крайне коварными радиоактивными веществами. Одним из опаснейших является плутоний вследствие его долго не исчезающей радиоактивности, а также способности задерживаться в человеческом организме. В 1 м^[3] воздуха максимально допустимое содержание составляет 10^[-9] г Pu. Если сравнить с синильной кислотой - одним из сильнейших химических ядов, то ее предельно допустимая концентрация равна 11 мг на 1 м^[3] воздуха. Поэтому при работе с этими искусственными элементами, ввиду их "радиотоксичности", первоочередной проблемой становится защита.

Синтезы элементов 97 и 98 заставили себя ждать. Затем их наконец получили. Сиборг, Гиорсо и Томсон в Беркли бомбардировали элементы 95 и 96 альфа-частицами большой энергии. Для мишеней были взяты миллиграммовые количества америция и даже микрограммовые количества кюрия, которые синтезировали искусственно в 1949/50 годах. Они были получены облучением соответственно плутония и америция в реакторе мощным потоком нейтронов. В урановом реакторе поток нейтронов во много раз интенсивнее, чем в циклотроне.

Два новых элемента увидели свет: 97-й - берклий и 98-й - калифорний. Особенно тяжело досталось обнаружение 98-го элемента: из микрограммовых количеств кюрия образовывалось лишь около 5 000 атомов калифорния. Когда это стало известно, в университете в Беркли многие шутили: это количество значительно меньше, чем число студентов! Берклий так и остался очень редким элементом. Мировой запас и сегодня составляет лишь несколько миллиграммов. И все же благодаря изощренным методам анализа наука знает все наиболее существенные физико-химические константы этого искусственного элемента.

В настоящее время атомный реактор является основным источником получения элементов 94-98. Трансураны извлекают из отходов, образующихся после выгорания стержней из обогащенного урана, причем выделяют эти элементы в различных количествах. К этому мы еще вернемся. Значительно выше выходы продуктов деления средней массы, в которые превращается в реакторе уран-235. К ним относятся также искусственные элементы 43 и 61.

В 1945 году американские химики Марийский, Гленденин и Кориелл, используя новый ионообменник, впервые выделили заметные количества 61-го элемента. Все они вошли в историю науки как первооткрыватели этого элемента. Американцы предложили назвать его прометий, что символизировало бы отвагу человеческого духа и вместе с тем возможные опасности использования атомной энергии: ведь Прометей похитил у богов огонь, чтобы передать его людям.

Главный изотоп, прометий-147, радиоактивен и испускает слабое бета-излучение. Эти данные совпали с теоретическими предсказаниями. После того, как стали известны характерные свойства нового элемента, опыты по обнаружению его в природе, проводившиеся Эрметсе и другими учеными, имели некоторый успех. Работая в промышленном масштабе, финский химик выделил из 6 000 т апатита около 20 т оксидов редкоземельных элементов, а из них - 3,8 кг смеси оксидов самария и неодима. После разделения на ионообменнике осталось целых 83 мг, которые испускали слабое бета-излучение. Эту фракцию Эрметсе исследовал в 1965 году и ее бета-спектр совпал со спектром прометия-147. По оценке Эрметсе, в концентрате, полученном из 6000 т апатита, должно содержаться $10^{[-11]}$ г прометия. Кроме того, следы этого элемента были найдены также в урановой смолке. Предполагается, что природный прометий образовался захватом нейтронов 60-м элементом, неодимом, либо спонтанным делением урана-238, а также индуцированным делением урана-235. Однако такие природные "находки" не отвергают определения прометия, как искусственного элемента. Ведь ощутимые количества его и сегодня можно получить только из продуктов деления урана: мощные реакторы в 10 000 кВт дают ежедневно 1500 мг прометия-147. В 1959 году годовой выпуск прометия в США повысился уже до 650 г.

Изотоп технеция ^{99}Tc также удалось обнаружить в природе в виде следов. В 1 кг урановой руды нашли $10^{[-10]}$ г изотопа. Технеций-99 возникает при спонтанном делении урана-238. Однако вряд ли кто-нибудь захочет получать его из урановых руд. В настоящее время располагают килограммовыми количествами технеция и получают его исключительно в ядерной промышленности. Еще в 1959 году английские химики сообщали, что они выделили 20 г этого искусственного элемента из 100 т отработанного реакторного топлива.

По новейшим исследованиям, плутоний уже нельзя называть искусственным элементом, ибо в 1971 году его обнаружили в природном редкоземельном минерале бастнезите, не содержащем урана. В 90 кг горной породы содержится $10^{[-14]}$ г плутония-244, что было установлено с помощью масс-спектрографа. Это - единственный изотоп 94-го элемента, который еще не совсем исчез с лица Земли за время ее существования. Другие изотопы плутония, которые сегодня в виде следов еще находятся в природных урановых рудах, имеют, как уже говорилось, искусственное происхождение.

По приблизительной оценке, вся земная кора толщиной в 16 км содержит около 1 кг плутония. Ввиду этого в таблице распространенности природных элементов плутоний занимает 90-е место - между нептунием и францием. Таким образом, единственным источником плутония является также ядерная промышленность, которая дала уже многие тонны этого элемента.

Циклотроны и урановые реакторы все больше становятся современным философским камнем. С их помощью помимо большого числа известных радиоактивных элементов в значительных количествах синтезируются и новые - в граммах, килограммах и даже тоннах. В этой связи, естественно, возникает провокационный вопрос: нельзя ли производить также и золото в урановом реакторе?

Золото, полученное в атомном реакторе

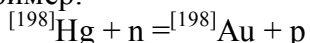
В 1935 году американскому физика Артуру Демпстеру удалось провести масс-спектрографическое определение изотопов, содержащихся в природном уране. В ходе опытов Демпстер изучил также изотопный состав золота и обнаружил только один изотоп - золото-197. Никаких указаний на существование золота-199 не было. Некоторые ученые предполагали, что должен существовать тяжелый изотоп золота, ибо золоту в то время приписывали относительную атомную массу 197,2. Однако золото является моноизотопным элементом. Поэтому желающим искусственным путем получить этот вожаденный благородный металл все усилия необходимо направить на синтез единственного устойчивого изотопа - золота-197.

Известия об успешных опытах по изготовлению искусственного золота всегда вызывали беспокойство в финансовых и правящих кругах. Так было во времена римских правителей, так осталось и теперь. Поэтому не удивительно, что сухой отчет об исследованиях Национальной лаборатории в Чикаго группы профессора Демпстера еще недавно вызвал возмущение в капиталистическом финансовом мире: в атомном реакторе можно из ртути получить золото! Это - самый последний и убедительный случай алхимического превращения.

Началось это еще в 1940 году, когда в некоторых лабораториях ядерной физики начали бомбардировать быстрыми нейтронами, полученными с помощью циклотрона, соседние с золотом элементы - ртуть и платину. На совещании американских физиков в Нэшвилле в апреле 1941 года А. Шерр и К. Т. Бэйнбридж из Гарвардского университета доложили об успешных результатах таких опытов. Они направили разогнанные дейтроны на литиевую мишень и получили поток быстрых нейтронов, который был использован для бомбардировки ядер ртути. В результате ядерного превращения было получено золото! Три новых изотопа с массовыми числами 198, 199 и 200. Однако эти изотопы не были столь устойчивыми, как природный изотоп - золото-197. Испуская бета-лучи, они по истечении нескольких часов или дней снова превращались в устойчивые изотопы ртути с массовыми числами 198, 199 и 200. Следовательно, у современных приверженцев алхимии не было повода для ликования. Золото, которое вновь превращается в ртуть, ничего не стоит: это обманчивое золото. Однако ученые радовались успешному превращению элементов. Они смогли расширить свои познания об искусственных изотопах золота.

В основе "трансмутации", проведенной Шерром и Бэйнбриджем, лежит так называемая (n, p) -реакция: ядро атома ртути, поглощая нейтрон n, превращается в изотоп золота и при этом выделяется протон p.

Природная ртуть содержит семь изотопов в разных количествах: 196 (0,146 %), 198 (10,02 %), 199 (16,84 %), 200 (23,13 %), 201 (13,22 %), 202 (29,80 %) и 204 (6,85 %). Поскольку Шерр и Бэйнбридж нашли изотопы золота с массовыми числами 198, 199 и 200, следует полагать, что последние возникли из изотопов ртути с теми же массовыми числами. Например:

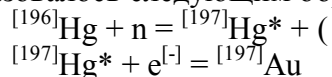


Такое предположение кажется оправданным - ведь эти изотопы ртути являются довольно распространенными.

Вероятность осуществления какой-либо ядерной реакции определяется, прежде всего, так называемым эффективным сечением захвата атомного ядра по отношению к соответствующей бомбардирующей частице. Поэтому сотрудники профессора Демпстера, физики Ингрэм, Гесс и Гайдн, пытались точно определить эффективное сечение захвата нейтронов природными изотопами ртути. В марте 1947 года они смогли показать, что изотопы с массовыми числами 196 и 199 обладают наибольшим сечением захвата нейтронов и потому

имеют наибольшую вероятность превращения в золото. В качестве "побочного продукта" своих экспериментальных исследований они получили... золото! Точно 35 мкг, полученных из 100 мг ртути после облучения замедленными нейтронами в атомном реакторе. Это составляет выход 0,035 %, однако если найденное количество золота отнести лишь к ртути-196, то получится солидный выход в 24 %, ибо золото-197 образуется только из изотопа ртути с массовым числом 196.

С быстрыми нейтронами часто протекают (n, p)-реакции, а с медленными нейтронами - преимущественно (n,γ)-превращения. Золото, открытое сотрудниками Демпстера, образовалось следующим образом:



Образующаяся по (n, γ)-процессу неустойчивая ртуть-197 превращается в устойчивое золото-197 в результате К-захвата (электрона с К-оболочки своего собственного атома).

Таким образом, Ингрэм, Гесс и Гайдн синтезировали в атомном реакторе ощутимые количества искусственного золота! Несмотря на это, их "синтез золота" никого не встревожил, поскольку о нем узнали лишь ученые, тщательно следившие за публикациями в "Физикл ревью". Отчет был кратким и наверняка недостаточно интересным для многих из-за своего ни о чем не говорящего заголовка: "Neutron cross-sections for mercury isotopes" (Эффективные сечения захвата нейтронов изотопами ртути). Однако случаю вышло угодно, чтобы через два года, в 1949 году, чересчур ретивый журналист подхватил это чисто научное сообщение и в крикливо-рыночной манере провозгласил в мировой прессе о производстве золота в атомном реакторе. Вслед за этим во Франции произошла крупная неразбериха при котировании золота на бирже. Казалось, что события развиваются именно так, как представлял себе Рудольф Дауман, предсказавший в своем фантастическом романе "конец золота".

Однако искусственное золото, полученное в атомном реакторе, заставляло себя ждать. Оно никак не собиралось затоплять рынки мира. Кстати, профессор Демпстер в этом и не сомневался. Постепенно французский рынок капитала вновь успокоился. В этом не последняя заслуга французского журнала "Атомы", который в январском номере 1950 года поместил статью: "La transmutation du mercure en or" (Трансмутация ртути в золото).

Хотя журнал в принципе признавал возможность получения золота из ртути методом ядерной реакции, однако своих читателей он уверял в следующем: цена такого искусственного благородного металла будет во много раз выше, чем природного золота, добытого из самых бедных золотых руд!

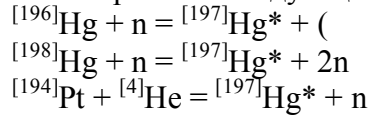
Сотрудники Демпстера не могли отказать себе в удовольствии - получить в реакторе некоторое количество такого искусственного золота. С тех пор этот крошечный любопытный экспонат украшает Чикагский музей науки и промышленности. Этим раритетом - свидетельством искусства "алхимиков" в атомную эру - можно было полюбоваться во время Женевской конференции в августе 1955 года.

С точки зрения ядерной физики возможны несколько превращений атомов в золото. Мы наконец откроем тайну философского камня и расскажем, как можно сделать золото. Подчеркнем при этом, что единственно возможный путь - это превращение ядер. Все другие дошедшие до нас рецепты классической алхимии ничего не стоят, они приводят лишь к обману.

Устойчивое золото, ^{197}Au , можно было бы получить путем радиоактивного распада определенных изотопов соседних элементов. Этому нас учит так называемая карта нуклидов, в которой представлены все известные изотопы и возможные направления их распада. Так, золото-197 образуется из ртути-197, излучающей бета-лучи, либо из такой ртути путем К-захвата. Можно было бы также получить золото из таллия-201, если бы этот изотоп испускал альфа-лучи. Однако этого не наблюдается. Как же получить изотоп ртути с массовым числом 197, которого нет в природе? Чисто теоретически его можно получить из таллия-197, а последний - из свинца-197. Оба нуклида самопроизвольно с захватом электрона превращаются соответственно в ртуть-197 и таллий-197. Практически это была бы единственная, хотя и

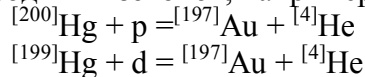
только теоретическая, возможность сделать золото из свинца. Однако свинец-197 тоже лишь искусственный изотоп, который надо сначала получить ядерной реакцией. С природным свинцом дело не пойдет.

Изотопы платины ^{197}Pt и ртути ^{197}Hg тоже получают только ядерными превращениями. Реально осуществимыми являются лишь реакции, в основе которых лежат природные изотопы. В качестве исходных веществ для этого подходят только ^{196}Hg , ^{198}Hg и ^{194}Pt . Эти изотопы можно было бы бомбардировать разогнанными нейтронами или альфа-частицами с тем, чтобы прийти к следующим реакциям:



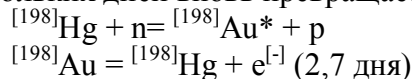
С таким же успехом можно было бы получить искомый изотоп платины из ^{194}Pt путем (n, γ)-превращения либо из ^{200}Hg путем (n, γ)-процесса. При этом, конечно, нельзя забывать, что природное золото и платина состоят из смеси изотопов, так что в каждой случае приходится учитывать конкурирующие реакции. Чистое золото придется в конце концов выделять из смеси различных нуклидов и непрореагировавших изотопов. Процесс этот будет требовать больших затрат. От превращения платины в золото вообще придется отказаться из экономических соображений: как известно, платина дороже золота.

Другим вариантом синтеза золота является непосредственное ядерное превращение природных изотопов, например, по следующим уравнениям:



К золоту-197 привел бы также (α, p)-процесс (ртуть-198), (α, p)-процесс (платина-194) или (p, γ) либо (d, n)-превращение (платина-196). Вопрос заключается лишь в том, возможно ли это практически, а если да, то рентабельно ли это вообще по упомянутым причинам. Экономичной была бы только длительная бомбардировка ртути нейтронами, которые имеются в реакторе в достаточной концентрации. Другие частицы пришлось бы получать или ускорять в циклотроне - такой метод, как известно, дает лишь крошечные выходы веществ.

Если природную ртуть подвергнуть в реакторе действию потока нейтронов, то кроме устойчивого золота образуется главным образом радиоактивное. Это радиоактивное золото (с массовыми числами 198, 199 и 200) имеет очень малую продолжительность жизни и в течение нескольких дней вновь превращается в исходные вещества с испусканием бета-излучения:



Исключить обратное превращение радиоактивного золота в ртуть, то есть разорвать этот *Circulus vitiosus*^[69], ни в коем случае не удастся: законы природы нельзя обойти.

В этих условиях менее сложным, чем "алхимия", кажется синтетическое получение дорогостоящего благородного металла - платины. Если бы удалось направить бомбардировку нейтронами в реакторе так, чтобы происходили преимущественно (n, γ)-превращения, то можно было бы надеяться получить из ртути значительные количества платины: все распространенные изотопы ртути - ^{198}Hg , ^{199}Hg , ^{201}Hg - превращаются в устойчивые изотопы платины - ^{195}Pt , ^{196}Pt и ^{198}Pt . Конечно, и здесь очень сложен процесс выделения синтетической платины.

Фредерик Содди еще в 1913 году предложил путь получения золота ядерным превращением таллия, ртути или свинца. Однако в то время ученые ничего не знали об изотопном составе этих элементов. Если бы предложенный Содди процесс отщепления альфа- и бета-частиц мог быть осуществлен, следовало бы исходить из изотопов ^{201}Tl , ^{201}Hg , ^{205}Pb . Из них в природе существует лишь изотоп ^{201}Hg , смешанный с другими изотопами этого элемента и химически неразделимый. Следовательно, рецепт Содди был неосуществим.

То, что не удастся даже выдающемуся исследователю атома, не сможет, конечно, осуществить профан. Писатель Дауман в своей книге "Конец золота", вышедшей в 1938 году, сообщил нам рецепт, как превратить висмут в золото: отщеплением двух альфа-частиц от ядра

висмута с помощью рентгеновских лучей большой энергии. Такая ((, 20)-реакция не известна и до настоящего времени. Помимо этого, гипотетическое превращение $^{205}\text{Bi} + (\text{ } = ^{197}\text{Au} + 2(\text{$

не может идти и по другой причине: не существует устойчивого изотопа ^{205}Bi . Висмут - моноизотопный элемент! Единственный же природный изотоп висмута с массовым числом 209 может дать по принципу реакции Даумана - только радиоактивное золото-201, которое с периодом полураспада 26 мин снова превращается в ртуть. Как видим, герой романа Даумана, ученый Баргенгронд, и не мог получить золото!

Теперь нам известно, как действительно получить золото. Вооруженные знанием ядерной физики рискнем на мысленный эксперимент: 50 кг ртути превратим в атомном реакторе в полновесное золото - в золото-197. Настоящее золото получается из ртути-196. К сожалению, этого изотопа содержится в ртути только 0,148 %. Следовательно, в 50 кг ртути присутствует лишь 74 г ртути-196, и только такое количество мы можем трансмутировать в истинное золото.

Вначале будем оптимистами и положим, что эти 74 г ртути-196 можно превратить в такое же количество золота-197, если подвергнуть ртуть бомбардировке нейтронами в современном реакторе производительностью 10^{15} нейтронов/(см²*с). Представим себе 50 кг ртути, то есть 3,7 л, в виде шара, помещенного в реактор, тогда на поверхность ртути, равную 1157 см^2 , в каждую секунду будет воздействовать поток $1,16 * 10^{18}$ нейтронов. Из них на 74 г изотопа-196 воздействуют 0,148 %, или $1,69 * 10^{15}$ нейтронов. Для упрощения примем далее, что каждый нейтрон вызывает превращение ^{196}Hg в $^{197}\text{Hg}^*$, из которой захватом электрона образуется ^{197}Au .

Следовательно, в нашем распоряжении имеется $1,69 * 10^{15}$ нейтронов в секунду для того, чтобы превратить атомы ртути-196. Сколько же это, собственно, атомов? Один моль элемента, то есть 197 г золота, 238 г урана, 4 г гелия, содержит $6,022 * 10^{23}$ атомов. Приблизительное представление об этом гигантском числе мы сможем получить лишь на основе наглядного сравнения. Например, такого: представим себе, что все население земного шара 1990 года - примерно 6 миллиардов человек - приступило к подсчету этого количества атомов. Каждый считает по одному атому в секунду. За первую секунду сосчитали бы $6 * 10^9$ атомов, за две секунды - $12 * 10^9$ атомов и т. д. Сколько времени потребуется человечеству в 1990 году, чтобы сосчитать все атомы в одном моле? Ответ ошеломляет: около 3 200 000 лет!

74 г ртути-196 содержат $2,27 * 10^{23}$ атомов. В секунду с данным потоком нейтронов мы можем трансмутировать $1,69 * 10^{15}$ атомов ртути. Сколько времени потребуется для превращения всего количества ртути-196? Вот ответ: потребуется интенсивная бомбардировка нейтронами из реактора с большим потоком в течение четырех с половиной лет! Эти огромные затраты мы должны произвести, чтобы из 50 кг ртути в конце концов получить только 74 г золота, и такое синтетическое золото надо еще отделить от радиоактивных изотопов золота, ртути и др.

Да, это так, в век атома можно сделать золото. Однако процесс слишком дорог. Золото, полученное искусственно в реакторе, бесценно. Проще было бы продавать в качестве "золота" смесь его радиоактивных изотопов. Может быть, писатели-фантасты соблазняются на выдумки с участием этого "дешевого" золота?

"Mare tingerem, si mercuris esset" (Я море бы превратил в золото, если бы оно состояло из ртути). Это хвастливое высказывание приписывали алхимику Раймундусу Луллусу. Предположим, что мы превратили не море, но большое количество ртути в 100 кг золота в атомном реакторе. Внешне неотличимое от природного, лежит перед нами это радиоактивное золото в виде блестящих слитков. С точки зрения химии это - тоже чистое золото. Какой-нибудь Крез покупает эти слитки по сходной, как полагает, цене. Он и не подозревает, что в действительности речь идет о смеси радиоактивных изотопов ^{198}Au и ^{199}Au , период полураспада которых составляет от 65 до 75 ч. Можно представить себе этого скрягу, увидевшего, что его золотое сокровище буквально утекает сквозь пальцы. За каждые три дня его имущество уменьшается наполовину, и он не в состоянии это предотвратить; через неделю

от 100 кг золота останется только 20 кг, через десять периодов полураспада (30 дней) - практически ничего (теоретически это еще 80 г). В сокровищнице осталась только большая лужа ртути. Обманчивое золото алхимиков!

Тайна золотого медальона

Атомная физика дает также ответ на вопрос, возможны ли вообще с научной точки зрения те "превращения" других металлов в золото, которые раньше практиковали алхимики. Сегодня мы знаем, что превращение атомов в золото осуществляется только в случае трансмутации соседних элементов - ртути и платины - в устойчивое золото.

Все другие "процессы" получения золота - превращением железа, олова, свинца, даже серебра - заранее обречены на неудачу. Если при таких алхимических манипуляциях действительно "найден" золото, то оно либо уже было, либо обогащено повторными переплавками. Чаще же всего его ловко примешивали с целью обмана. Нередко использовали и другие трюки для изготовления сплавов и металлических покрытий, поразительно похожих на золото.

Вспомним хотя бы латунь, которая в неокисленном состоянии обладает прекраснейшим золотым блеском. А тот, кто не поверит, что отливающая золотом бронза - сплав меди (29) и олова (50) - не является с точки зрения "ядерной физики" золотом, должен просто сложить заряды ядер отдельных компонентов: $50 + 29 = 79$. Такой "расчет" сделал однажды один ученый-юморист. Сейчас в ювелирном промысле часто и вполне законным образом используют сплавы из других металлов, поразительно похожие на золото. Принц-металл - так именуют латунь золотой окраски. Мангеймским золотом называют сплав меди, цинка и олова. Мозаичное золото, полученное из меди и цинка, имеет оттенок самородного золота. Металл Гамильтона применяют для "золочения" различных предметов. Однако наиболее известен тальми - также сплав меди с цинком, имеющий прекрасную золотую окраску и чрезвычайную стойкость к коррозии.

Существуют, кроме того, минералы и химические соединения, сходные с золотом. Сюда относятся слюда с желтовато-золотым блеском, называемая в народе кошачьим золотом, и пирит (железный колчедан), имеющий металлический латунный блеск. Легендарное золотое сокровище короля Креза, должно быть, большей частью состояло из искрящегося пирита.

Совсем недавно, в 1974 году, канадским химикам удалось получить из ртути кристаллы с золотым блеском. Речь идет о соединении необычайного строения и состава: $\text{Hg}_{1,85}\text{AsF}_6$, арсенофториде ртути. Не "алхимия" ли это в лучшем, классическом смысле!

Могут справедливо возразить, что средневековые алхимики еще ничего не знали об атомной физике. У них не было ни сегодняшнего опыта, ни научно-технических средств. Сторонники алхимии считали, что существовали веские доказательства искусства алхимиков. Откуда же возникло золото, которое изготовлял Луллус по поручению английского короля Эдуарда? Если мы хотим развеять легенду о золоте древних умельцев, необходимо точно ответить на этот и другие вопросы.

Из какого источника черпал золото саксонский курфюрст Август, который занимался алхимией и оставил золотое сокровище в 17 миллионов талеров?

Что кроется за тайной золотого медальона, который преподнес алхимик Зейлер императору Леопольду I?

Что означает аргентаурум мистера Эмменса?

Пришло время ответить на эти вопросы...

В честь победы на море над французами в 1340 году английский король Эдуард III - он царствовал с 1327 по 1377 год - повелел чеканить специальные золотые монеты, так называемые нобли. До 1360 года нобли сохраняли провокационную надпись: "Король Англии и Франции". Монеты эти якобы были изготовлены из золота Раймундуса Луллуса.

Раймундус Луллус родился в 1235 году, умер уже в 1315-м, по другим источникам - не позднее 1333-го. Он служил королю Эдуарду I, который царствовал до 1307 года. Это несомненно. С другой стороны, установлено, что нобли изготовлены из полновесного золота, а не из золота алхимиков. Выходит, что Луллус не мог сделать золото. В то же время

исторически достоверно, что король Эдуард III собирал военные контрибуции путем повышения налогов и наложением долговых обязательств. Не стеснясь, он конфисковал золотые предметы из церквей и монастырей, налагал арест даже на символы коронации.

Семнадцать миллионов талеров золотом составило сокровище, которое оставил своим наследникам саксонский курфюрст Август. Он правил с 1553 по 1586 год. Август сам был алхимиком, и к тому же ему служил алхимик Шверцер. Свое золото Август якобы добыл тайным искусством.

Каково истинное происхождение этого золота? Аптекарь и историк Иоганн Христиан Виглеб тоже задал себе такой вопрос. Точный ответ мы находим в его "Историко-критическом исследовании алхимии или воображаемого искусства изготовления золота", появившемся в 1777 году. Для опровержения легенды о золоте алхимиков Виглеб перерыл исторические источники и обнаружил, что золотому сокровищу саксонского курфюрста есть весьма вероятное объяснение. В XV и XVI веках разработка серебряных руд в саксонских рудоносных горах достигла неожиданного расцвета. Из плодородных рудников в Шнееберге, Фрайберге и Аннаберге добывали большие количества серебра. Десятая часть - так называемая десятина - должна была принадлежать властителю. Еще такое же количество курфюрст получал с монетного двора за предоставленную привилегию чеканки монет. Исторически доказано, что за 1471 - 1550 годы саксонские курфюрсты присвоили только из шнеебергских серебряных рудников более 4 миллиардов талеров.

В период правления курфюрста Августа серебряное изобилие рудоносных гор не уменьшилось. Поэтому, по мнению Виглеба, "уже не является загадкой, как Август после 33-летнего правления и столь же длительной эксплуатации рудников... смог оставить 17 миллионов талеров... Можно удивляться, что он не оставил больше". Шнеебергский пираргит содержал немалые количества золота, которое тоже извлекали. Шверцер, милостью курфюрста назначенный придворным алхимиком, имел особое пристрастие к этой серебряной руде и "трансмутировал" ее до тех пор, пока в плавильном тигле не начинало сверкать золото.

В 1677 году монах Венцель Зейлер опустил серебряный медальон весом 7 кг примерно на четыре пятых в удивительную жидкость и на глазах придворных императора Леопольда I превратил его в чистое золото. Никто и не думал тогда, что трюк Зейлера будет разгадан только через 250 лет. Конечно, и раньше отбирали пробы по несколько сантиметров с обеих сторон "границы трансмутации" для определения плотности. Эти зарубки можно увидеть и сейчас. Полученное неопределенное значение 12,6, правда, не совсем соответствовало плотности чистого золота (19,3), а скорее, сплаву серебра с золотом, содержащему 37 % золота. Однако такое предположение еще не давало ключа к тайне медальона.

В последующие годы отбор проб был запрещен, ввиду ценности медальона для истории искусства. Неизвестно было, как разгадать тайну, не отбирая проб для химического анализа. Только в 1931 году два химика из Института микроанализа Венского университета. Штребингер и Райф, смогли нарушить это табу. Они заверили, что используют для каждого анализа не более 10-15 мг. Ученые отобрали пробы без видимого повреждения медальона и установили состав сплава. Чувствительные методы микроанализа дали поразительный результат: медальон имеет совершенно однородный состав, а именно: 43 % серебра, 48 % золота, 7 % меди и небольшие количества олова, цинка и железа.

Как же удалось Зейлеру придать серебряному сплаву такой оттенок, что все приняли его за чистое золото? Ибо по результатам анализа стало совершенно ясно, что речь здесь идет об окрашивании, а не превращении металла.

Венские химики твердо решили окончательно разгадать тайну средневекового медальона. По их просьбе венский монетный двор изготовил сплав такого же состава. Штребингер и Райф погружали его образцы в самые различные кислоты и растворы солей, пока не открыли вновь рецепт Венцеля Зейлера. Холодная, наполовину разбавленная азотная кислота, которую хорошо умели готовить средневековые алхимики и использовали для разделения золота и серебра, сообщает погруженным в нее серебряным сплавам желаемый золотой блеск! В настоящее время такое травление или "желтое кипячение" относится к

самым употребительным рабочим приемам ювелиров. Обработкой различными минеральными кислотами достигается желаемая окраска чистого золота в 24 карата.

Остается еще объяснить случай с американцем Эмменсом. Откуда возникло золото, которое добывал этот современный алхимик якобы из мексиканских серебряных долларов? Имелось серьезное подозрение, что Эмменс был связан с преступной бандой, переплавлявшей похищенные украшения и предметы искусства. Такая переплавка практиковалась еще испанцами, которые превращали в слитки золото ацтеков, не задумываясь над их художественно-исторической ценностью. Почему бы и Эмменсу не поступить так же, полагали в Нью-Йорке. "Алхимик", который как ремесленник изготавливает благородный металл, - это ли не самый безопасный способ прикрытия?

Радиоактивное золото - более ценное, чем природное

Обсуждая возможность искусственного получения золота из ртути, мы видели, что обратное превращение золота в ртуть не так уж невозможно. По существу, только благодаря капризу природы золото существует как природный элемент. Причина того, что золото естественным путем не превращается в ртуть, заключается в несколько большей устойчивости ядра ^{197}Au по сравнению с ^{197}Hg - всего на 1 МэВ. Если бы, наоборот, ^{197}Hg обладала бы большей устойчивостью, то вообще не существовало бы природного золота. Слитки из искусственного золота превращались бы в лужу ртути.

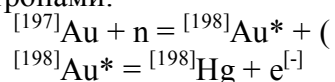
Весть о том, что золото пытались в научных целях превратить в другой элемент, например в ртуть, наверняка привела бы в недоумение тайных приверженцев алхимии. Каковы причины такой "алхимии навыворот"?

Одно время в измерительной технике особое значение приобрел изотоп ртути с массовым числом 198. Этот изотоп требовался в очень чистом виде. Выделить его из природной ртути либо не удавалось, либо нельзя было из-за огромных затрат. Оставался лишь один путь. Нужно было получить ртуть-198 искусственно, а для этого требовалось золото. Почему же для науки свет клином сошелся на этой ртути?

Метр - это одна сорокамиллионная часть окружности Земли по экватору. Так раньше учили в школе. С 1889 года в Париже хранится эталон метра - стержень из сплава платины с иридием. Однако этот эталон является искусственной мерой, которая может изменяться. В поисках постоянного, естественного стандарта длины вскоре нашли другую единицу: один метр соответствует 1553164,1 длинам волн красной спектральной линии кадмия, равных 6438 А ($1 \text{ А} = 10^{-10} \text{ м}$). При помощи такого стандарта достигли довольно высокой точности, достаточной для многих целей. Во время второй мировой войны британские конструкторы приборов для воздушной и морской навигации в целях секретности использовали лишь величины на основе красной линии кадмия.

Однако новая мера длины все же не соответствовала самым высоким требованиям. Кадмий - смешанный элемент, и каждый из его изотопов дает красную спектральную линию, длина волны которой чуть-чуть отличается от других. Поэтому еще в 1940 году американские физики Вайнс и Альварес предложили отнесение к зеленой линии спектра ртути-198 с длиной волны 5461 А. Эта линия резко ограничена и абсолютно монохроматична. Вайнс и Альварес бомбардировкой золота нейтронами в циклотроне в течение месяца получили ртуть-198 в количествах, необходимых для спектрального анализа. Образовавшийся изотоп ртути они отделяли накаливанием. Его пары конденсировали в крошечных капиллярах.

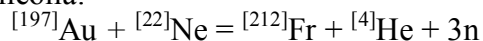
После второй мировой войны в США в продажу поступили первые ртутные лампы Mercury-198 Lamps. Они содержали 1 мг ртути-198, которая была получена из золота в атомном реакторе. Другие государства вскоре также стали выпускать требуемый изотоп ртути. С 1966 года его получают в ГДР, в Центральном институте ядерных исследований в Россендорфе. В тамошнем атомном реакторе химики получили около 100 мг ртути-198 с изотопной чистотой 99 % из 95 г чистого золота в результате его 1000-часовой бомбардировки нейтронами:



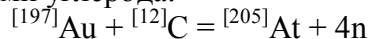
На основе такого нового стандарта длины метр был вновь "перемерен". Он составляет 1831249,21 длин волн зеленой линии изотопа ^{198}Hg . В настоящее время ртуть-198 опять-таки вытеснена изотопом благородного газа криптона - ^{86}Kr , оранжевая линия которого длиной 6058 А более воспроизводима. Один метр соответствует 1650763,73 длинам волн излучения атомов криптона-86 в вакууме.

Промежуточный продукт синтеза ртути-198-радиоактивное золото-198- также нашел применение. Этот изотоп излучает бета-лучи и распадается с периодом полураспада 65 ч до устойчивого изотопа ^{198}Hg . В настоящее время его используют как лекарственный препарат - в мелкодисперсном состоянии в виде золотого золя. Оно применяется для получения радиogramм органов человеческого тела и для лечения раковых опухолей. Для этой цели его впрыскивают в соответствующие ткани. Каждый атом золота действует как маленькая рентгеновская трубка и убивает раковые клетки в строго ограниченной области. Такая терапия гораздо целесообразнее, чем облучение больших поверхностей. Радиоактивное золото значительно менее вредно, чем рентгеновские лучи. Весьма наглядны также случаи исцеления при обработке лейкозов, болезненном увеличении числа белых кровяных шариков. В борьбе с бичом рака искусственное радиоактивное золото уже оказало человечеству неоценимые услуги.

Современная наука вне всякого сомнения скажет: превращение элементов - да, превращение в золото - нет! Для чего? Сегодня золото растрачивают, не задумываясь, для синтеза других элементов, представляющих интерес для науки. Золото используют, чтобы искусственно получить изотопы франция и астата - элементов, которые, как известно, нельзя получить из природных источников. Здесь также алхимию ставят с ног на голову. Франций получают из золота, которое в современных ускорителях бомбардируют ионами кислорода или неона:



Астат образуется путем превращения золота при обстреле последнего разогнанными ядрами углерода:



Вот, каким "дорогим" стало золото для современной науки: она не стремится получить его искусственно, а, скорее, использует как "сырье" для синтеза других элементов.

Глава 7

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ - СЕГОДНЯ И В БУДУЩЕМ

Политика бомбы

Получение атомной энергии и производство искусственных элементов в атомном реакторе представляют лишь одну сторону новой эпохи научно-технического прогресса. Ибо, к сожалению, "атомный век" начался не с создания атомных электростанций, то есть с мирного использования ядерной энергии, которая служит лишь благу человечества.

6 августа 1945 года. Ранним утром этого дня один-единственный самолет пролетел на большой высоте над Хиросимой. Во второй мировой войне этот крупный японский город избежал американских бомбежек. В то утро, в самом начале девятого часа, американский бомбардировщик типа В-29 сбросил свой смертоносный груз. Всего одна бомба на парашюте медленно и незаметно приближалась к центру города. Она взорвалась на высоте около 500 м. Начался крошечный ад. Вслед за молнией взрыва, которая на километры осветила ярким светом пространство вокруг, появился огненный шар гигантских размеров. Огромное грибовидное облако заклокотало, поднимаясь вверх более чем на 15 км. Это адское зрелище сопровождалось длительным, ужасающим, неслышанным дотоле громоуханием.

Одна-единственная атомная бомба из урана-235 уничтожила целый японский город. Сила ее взрыва в пересчете составила почти 20000 т тринитротолуола, что соответствовало 2000 тех больших десятитонных бомб, которые во вторую мировую войну превращали в золу и щепки целые жилые кварталы.

Те, кого пощадили огонь и взрывная волна, стали жертвами радиоактивного излучения, которое создало новый вид гибели: лучевую смерть. Жители Хиросимы, пережившие первые

моменты адского ужаса, после длительных мучений погибали от коварной лучевой болезни. В 1945 году из числа населения Хиросимы погибло 141 000 человек, в 1946 году к ним добавилось еще 10 000. С тех пор атомная смерть находит год за годом все новые жертвы среди японцев. Потомки тех несчастных, которые 6 августа 1945 года подверглись действию смертоносных лучей первой атомной бомбы, страдали, страдают и сейчас телесными уродствами. Опасаться следует также лучевых повреждений генетического аппарата.

9 августа 1945 года еще одна американская атомная бомба опустошила город Нагасаки. В этой бомбе в качестве взрывчатого вещества использовался искусственный элемент плутоний, который оправдал свое наименование, явившись посланцем царства смерти. Сбрасывание обеих атомных бомб военными США явилось преступным экспериментом по отношению к незащищенному гражданскому населению. К тому времени уже не было никакой военной необходимости в применении такого оружия.

После поражения фашизма и окончания второй мировой войны мир не стал более миролюбивым. Холодная война, эта вызывающая игра сил Соединенных Штатов по отношению к Советскому Союзу и развивающемуся социалистическому лагерю, стала принимать опасные формы эскалации. Во всех политических стычках США брали на себя роль мирового жандарма и выставляли "пугало" атомной бомбы. У Советского Союза оставался один ответ на эту дерзкую политику силы: как можно скорее положить конец американской монополии на атомную бомбу.

25 декабря 1946 года в Европе была пущена первая "урановая машина". И. В. Курчатову и его сотрудникам удалось запустить первый советский атомный реактор. Через два с половиной года Советский Союз испытал первую атомную бомбу. Реакционные круги США сразу же начали разжигать настоящую атомную истерию. Однако такое провокационное поведение далеко не всегда встречало одобрение в капиталистическом мире. Когда Отто Хан узнал об успешном советском опытном взрыве, он сразу же отметил: "Это - хорошая весть; если Советская Россия будет тоже иметь атомную бомбу, тогда не будет войны".

Предложения Советского Союза о немедленном запрещении атомной бомбы игнорировались США. В январе 1950 года президент США Трумэн открыто заявил: "Я дам указания продолжать развертывание атомного оружия, в том числе так называемой водородной бомбы, или "сверхбомбы". Сообщение Трумэна явилось сигналом к весьма опасной гонке атомного вооружения. Ведь американский президент санкционировал создание термоядерной бомбы.

То, что непрерывно протекает на Солнце и поддерживает его существование - превращение водорода и его изотопов в гелий с выделением энергии, совершается в водородной бомбе молниеносно и с величайшей разрушительной силой. Однако для запуска такого процесса требуются температуры от 50 до 100 миллионов градусов, которых на Земле можно достичь кратковременно лишь с помощью атомной бомбы в качестве "спички".

В 1954 году в американском научном журнале "Физикл ревью" появилось несколько публикаций творческой группы Сиборга и Гиорсо о вновь открытых элементах с порядковыми номерами 99 и 100. Эти сообщения содержали неясные формулировки, в которых умалчивалась определенная информация. В истории научных публикаций такой случай был необычным. Основания для утаивания стали известны лишь в 1955 году, когда была приоткрыта завеса над происхождением этих элементов.

До 1 ноября 1952 года в Тихом океане находился идиллический островок, называемый Элугелаб. Он относился к атоллу Эниветок из группы Маршалских островов. В тот день остров Элугелаб прекратил свое существование. Он взлетел на воздух в результате первого американского термоядерного испытания под кодовым названием "Майк". Сила взрыва составила 3 Мт, то есть три миллиона тонн тринитротолуола. Это соответствует общей взрывной силе всех бомб, сброшенных во вторую мировую войну, и примерно в 200 раз превышает взрывное действие хиросимской бомбы! Ударная волна взрыва была зарегистрирована сейсмическими станциями всего мира; это было первое землетрясение,

спровоцированное человеком. Там, где находился остров Элугелаб, на дне Тихого океана зиял кратер диаметром 1,5 км и глубиной 150 м.

Беспилотные самолеты пролетали сквозь взрывное облако и собирали радиоактивную пыль для научных исследований. Позднее были переработаны центнеры коралловой породы с окружающих островов. В этих остатках термоядерного взрыва в декабре 1952 года американские ученые нашли 99-й элемент, а спустя некоторое время, в марте следующего года - 100-й элемент, теперь именуемые эйнштейнием и фермием. Нейтронная молния "Майк'a" - нейтронную дозу оценивают в $10^{[22]}$ нейтронов/см^[2] - произвела превращение элементов нового рода. При этом из урана поджигающей бомбы образовались изотопы урана с необычайно большим содержанием нейтронов, которые, многократно претерпев бета-распад, превратились в конце концов в изотопы элементов 99 и 100. Если бы этот процесс захотели провести в исследовательском реакторе с интенсивностью потока в $10^{[13]}$ нейтронов/см^[2] то потребовалось бы 30 лет, чтобы достичь требуемой дозы нейтронов. "Майк" совершил это в миллионную долю секунды.

Странно и почти безответственно звучит "благодарность" ученых, открывших эти элементы, которую они выразили научной лаборатории в Лос-Аламосе - фабрике атомных бомб США.

В августе 1953 года была взорвана первая советская водородная бомба. Военные и политики США испытали немалый страх, когда их специалисты доложили, что Советский Союз уже располагает "сухой" транспортабельной водородной бомбой с зажигательным веществом - дейтеридом лития. Бомба США, взорванная в ноябре 1952 года, была, напротив, нетранспортабельным чудовищем в 65 т, непригодным для военного использования.

На это США ответили секретным "сверхоружием" и в марте 1954 года подожгли первую так называемую трехступенчатую бомбу (Fission-Fusion-Fission Bomb^[70]). Поджигателем для собственно водородной бомбы служило обычное атомное взрывчатое вещество. То и другое было окружено оболочкой из урана-238, который также становится делимым под действием быстрых нейтронов взорвавшейся Н-бомбы. Многоступенчатые бомбы обладают неслыханной разрушительной силой, которая может достигать 50 Мт и более. С таким сверхоружием можно одним ударом опустошить целые страны и континенты.

Ужасающее действие водородной бомбы не ограничивается ее взрывной силой, превышающей силу атомной бомбы в тысячу раз. Она вызывает излучения, интенсивность которых не знает себе равных на Земле и является смертельной для всех живых существ в радиусе действия бомбы. Когда же активность несколько снижается, остаются достаточно опасные продукты деления, которые попадают на поверхность Земли вместе с радиоактивными осадками и заражают большие пространства. Особенно опасны долгоживущие радиоактивные изотопы, такие, как углерод-14, проникающий в биосферу, цезий-137 и более всего стронций-90. Радиоактивный стронций проникает с пищей в организм, накапливается в костях и неизбежно вызывает рак. Еще страшнее генетические дефекты, вызываемые радиоактивным излучением, которые приводят к изменению наследственного аппарата и повреждению потомства.

Лауреат Нобелевской премии по химии и лауреат Международной Ленинской премии, американский ученый Лайнус Полинг^[71], который всем своим авторитетом борется за запрещение атомного оружия, весьма наглядно представил опасность радиоактивных осадков: одна чайная ложка стронция-90, если ее разделить поровну между всеми людьми, вызовет их гибель в течение немногих лет. Полинг рассчитал, что одна сверхбомба при своем взрыве выбрасывает в атмосферу нашей планеты в тысячу раз большее количество стронция-90.

Вынужденный считаться с военным давлением Советский Союз не потерял из виду главной цели: мирное использование атомной энергии, служащее для блага человека. Первая атомная электростанция, пущенная в июле 1954 года, и первый атомный корабль - советский ледокол "Ленин" - красноречиво говорят об этом.

Борьбу с опасной игрой империалистов США атомным оружием как средством политического давления и нажима, против безответственного испытания Н-бомбы, которое

угрожает дальнейшему существованию человечества, вели и ведут не только Советский Союз и страны социалистического лагеря, но и представители капиталистического мира, такие, как Фредерик Жолио-Кюри, Лайнус Полинг, Альберт Швейцер, Отто Хан. Особенно убедительным было в 1957 году воззвание 18-ти западногерманских атомщиков во главе с Ханом, Вейцекером и Гейзенбергом, которые протестовали против военного использования атомной энергии, против опасности атомной войны и снаряжения ФРГ атомным оружием. Ежегодные Пагуошские конференции также стали важным событием. Именитые ученые встречаются здесь, чтобы обсудить вопросы разоружения и борьбы с злоупотреблениями атомной энергией.

Сегодня, благодаря обязательствам, взятым на себя Советским Союзом и другими социалистическими государствами, имеются соглашения по запрещению испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, а также договоренности по вопросам нераспространения атомного оружия. Это, к сожалению, еще не значит, что опасность атомной войны устранена. Овладение превращением элементов используется во вред военно-промышленным комплексом США - для изобретения еще более страшных видов оружия. Последним порождением этого безумия вооружения является нейтронная бомба США, разработанная в качестве нового атомного средства массового уничтожения. В процессе превращения водорода и его атомов в гелий изобретателям этого "малокалиберного" ядерного оружия удалось обратить 80 % энергии взрыва в сверхбыстрые нейтроны, которые уничтожают все живое, а материальные ценности оставляют практически неповрежденными.

Мощные демонстрации протеста объединяют миролюбивое человечество в борьбе против нейтронной бомбы и ее использования в войсках НАТО.

Успехи исследований в Дубне и Беркли

Открытие последних трех актиноидов-элементов 101, 102 и 103 удалось совершить с 1955 по 1961 годы. Чтобы осуществить синтез 101-го элемента из эйнштейния, в США в 1955 году было использовано все имеющееся количество 99-го элемента: 10^{19} атомов - Около 10^{13} г! Это количество было получено обстрелом плутония нейтронами в специально изготовленном испытательном реакторе. После бомбардировки мишени из эйнштейния ядрами гелия в 60-дюймовом циклотроне в Беркли смогли уловить буквально 17 атомов нового 101-го элемента - менделевия. Трудность постановки эксперимента с несколькими атомами невообразимо велика. Однако их удалось обнаружить. Это было продемонстрировано всем окружающим весьма впечатляюще: каждый раз, когда был "пойман" атом менделевия, в лаборатории Калифорнийского университета в Беркли раздавался пожарный сигнал. Американские ученые позволили себе такую шутку: счетчик они присоединили к пожарной сирене. Это продолжалось до тех пор, пока не вмешалась пожарная служба и запретила "хулиганство".

Менделевий является последним из элементов, полученных в циклотроне. Для синтеза следующих элементов просто-напросто нет достаточного исходного материала. Все большие трудности создавало для ученых одно неприятное свойство трансуронов: их самопроизвольное деление и все уменьшающийся период полураспада. За то время, которое требовалось для получения в реакторе исходного элемента в весомых количествах, он успевал в значительной мере исчезнуть в результате начавшегося распада. Прекрасным примером может служить фермий-257- наиболее тяжелый известный изотоп, который удалось получить. Период полураспада фермия-257 составляет 97 дней, что позволило считать его подходящим исходным веществом для получения трансфермиевых элементов. Однако при облучении в мощном реакторе из фермия-257 образуется только короткоживущий фермий-258, который самопроизвольно делится за считанные микросекунды. После этого малорадостного открытия надежда ступенчатого получения последующих трансуронов путем захвата нейтронов быстро исчезла. Исследователи дошли до такой точки, когда для синтеза следующих трансуронов требовалось попросту придумать что-то новое.

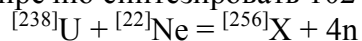
Имелся лишь один выход. Нужно было использовать те трансураны, которые можно было добыть в больших количествах, прежде всего - это плутоний. Надеялись также получить

в достаточных количествах кюрий и калифорний после многолетнего облучения в реакторе. Конечно, используя трансураны с меньшим зарядом ядра, необходимо было испытать более тяжелые снаряды. Нейтроны и альфа-частицы являлись уже недостаточно мощными. Подходящими по массе снарядами были ядра кислорода, азота, углерода, бора и неона, полученные с помощью новых ионных источников. Безусловно, ускорить тяжелые частицы до необходимой энергии возможно только с помощью высокоэффективных ускорителей. Начиная с середины 50-х годов американские физики все свои надежды возлагали на новый линейный ускоритель тяжелых ионов HILAC, а в последнее время - на еще более мощный Super-HILAC. Их советские коллеги использовали оправдавшие себя ускорители частиц У-200 и У-300. В испытании находится новый циклотрон У-400, который способен ускорить до больших энергий даже ядра урана.

Также с середины 50-х годов длится спор между американскими и советскими физиками по поводу того, кто же первым синтезировал и точно идентифицировал элементы с 102 по 105. До сего времени нет единства в вопросе приоритета и названии новых элементов: 102-жолиотий (по советскому представлению) или нобелий (по американским предложениям): 103 - резерфордий или лоуренсий: 104 - курчатовий или резерфордий: 105 - нильсборий и ханий?

Причина таких разногласий заключается, несомненно, в том, что американская группа ученых не могла больше претендовать на приоритет. Со времени основания Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне, в 1956 году, решающие импульсы в исследовании трансуранов исходили от советских ученых. С тех пор прогресс в этой специальной отрасли определяли советские исследователи под руководством физика Г. Н. Флерова и его коллеги Ю. Ц. Оганесяна. ОИЯИ в Дубне стал одновременно символом социалистической научной интеграции. В этом институте работают исследователи из всех социалистических стран; они все более широко участвуют в существенных открытиях в ядерной физике.

Все началось со 102-го элемента. В Стокгольме в 1957 году подобрался коллектив из американских, английских и шведских физиков. Эта группа считала, что получила изотопы элемента 102, названного ими нобелием, в результате бомбардировки кюрия ядрами углерода. Несколько позже Флеров объявил об удачном синтезе 102-го элемента, осуществленном на циклотроне Института атомной энергии в Москве, путем обстрела плутония-241 ядрами кислорода. Исследователи из Беркли не отставали и также сообщили об успешной идентификации 102-го элемента. Однако все приведенные данные и факты противоречили друг другу. Поэтому американцы стали называть новый элемент не нобелием, а по *believium*, что в вольном переводе означает "не верю". Физики в Дубне в течение ряда лет систематически дорабатывали эти результаты с тем, чтобы разъяснить противоречия. Только в 1963 году им удалось получить однозначные доказательства. Флеров и его сотрудники смогли безупречно синтезировать 102-й элемент из урана и ионов неона:



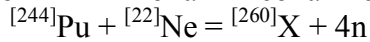
Физикам пришлось выдумывать изощренные методы разделения, измерения и идентификации для того, чтобы вообще обнаружить новый элемент. Ведь он довольно быстро прощается с этим миром, обладая периодом полураспада всего лишь 8 с.

Когда ученые из Беркли смогли располагать 3 мкг калифорния, конечно, в виде смеси различных изотопов, они решились на синтез следующего элемента - 103-го. Эти 3 мкг калифорния в течение трех лет бомбардировали в линейном ускорителе ядрами атома бора. Было мало надежды на благоприятный результат. Из 100 миллиардов ядер бора только одно могло проникнуть в ядро калифорния, однако ядро нового атома в 99 % случаев должно было снова распасться в результате самопроизвольного деления. Американцы рассчитали, что из 100 000 слияний только одно должно было образовать ядро с 103 протонами - искомый элемент 103.

В 1961 году группа из Беркли сочла, наконец, что идентифицировала несколько атомов одного из изотопов 103-го элемента. Через несколько лет в Дубне советские исследователи, синтезировали из америция-243 и ионов кислорода другой изотоп. Они сразу же исправили

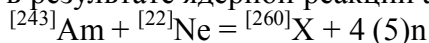
прежние данные своих американских коллег. Кто же прав? Одна проблема, по крайней мере, еще до сих пор не разрешена: как называть 103-й элемент? Лоуренсий или резерфордий?

С особенным нетерпением ожидалось открытие 104-го элемента - первого представителя трансактиноидов. Согласно актиноидной теории, элемент 104, будучи экагафнием, должен был бы обладать свойствами, сходными с гафнием или цирконием. В 1964 году коллективу ОИЯИ в Дубне под руководством Флерова удался большой бросок. После бомбардировки плутония-242 ионами неона впервые были обнаружены атомы 104-го элемента - курчатовия:

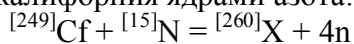


До сих пор новый способ его физико-химической идентификации считается мастерским, ибо образовавшийся изотоп самопроизвольно распадается с периодом полураспада всего лишь 0,1 с. Поэтому требовались необыкновенно быстрые действия для того, чтобы химически доказать, что 104-й элемент следует отнести к группе четырехвалентных элементов, вместе с гафнием и цирконием. В Дубне это удалось подтвердить с помощью остроумной экспериментальной техники. Для этой цели использовалась летучесть галогенидов при повышенных температурах: синтезированные атомы 104-го элемента, отброшенные из мишени в результате радиоактивного выброса, подвергали хлорированию при 350 °С. Пропускаемый газообразный хлор смешивали с парами трихлорида кюрия, тетрахлорида циркония и пентахлорида ниобия. Далее эти хлориды оседали на различных участках термохроматографической колонки, в зависимости от того, был ли это три-, тетра- или пентахлорид. Хлорид 104-го элемента сконденсировался на том же месте, что и тетрахлорид циркония.

Американцы, которые тоже были близки к открытию 104-го элемента, получили его в виде изотопа, излучающего альфа-частицы, при бомбардировке калифорния-249 ядрами углерода. Образующийся из него в результате изотоп 102-го элемента можно было безупречно идентифицировать на основании его характеристического рентгеновского излучения. Закон Мозли подтвердился еще в одном случае. 105-й элемент получен группой Флерова уже в 1967 году в результате ядерной реакции америция с ионами неона. Но по уравнению



образовывался лишь один атом за час. Такого скудного выхода было недостаточно, чтобы окончательно подтвердить открытие. Только в начале 1970 года из Дубны пришло известие о точной идентификации элемента 105. В том же году добились успеха Гиорсо с сотрудниками. В Беркли они синтезировали изотоп 105-го элемента путем бомбардировки 60 мкг калифорния ядрами азота:



Элемент 105, будучи аналогом тантала, должен быть пентавалентным. Это удалось безупречно доказать дубнинским исследователям с помощью техники хлорирования, уже испытанной на 104-м элементе.

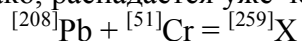
Сверхтяжелые элементы на острове устойчивости

Теоретическое и экспериментальное изучение устойчивости ядра дало советским физикам повод для пересмотра применявшихся до сих пор методов получения тяжелых трансуранов. В Дубне решили пойти новыми путями и взять в качестве мишени свинец и висмут.

Ядро, как и атом в целом, имеет оболочечное строение. Особой устойчивостью отличаются атомные ядра, содержащие 2-8-20- 28-50-82-114-126-164 протонов (то есть ядра атомов с таким порядковым номером) и 2-8-20-28-50-82-126-184-196- 228-272-318 нейтронов, вследствие законченного строения их оболочек. Только недавно удалось подтвердить эти воззрения расчетами с помощью ЭВМ. Такая необычная устойчивость бросилась в глаза, прежде всего, при изучении распространенности некоторых элементов в космосе. Изотопы, обладающие этими ядерными числами, называют магическими. Изотоп висмута ^{209}Bi , имеющий 126 нейтронов, представляет такой магический нуклид. Сюда относятся также изотопы кислорода, кальция, олова. Дважды магическими являются: для гелия - изотоп ^4He (2

протона, 2 нейтрона), для кальция - ^{48}Ca (20 протонов, 28 нейтронов), для свинца - ^{208}Pb (82 протона, 126 нейтронов). Они отличаются совершенно особой прочностью ядра.

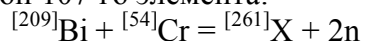
Используя источники ионов нового типа и более мощные ускорители тяжелых ионов - в Дубне были спарены агрегаты У-200 и У-300, группа Г. Н. Флерова и Ю. Ц. Оганесяна вскоре стала располагать потоком тяжелых ионов с необычайной энергией. Чтобы достичь слияния ядер, советские физики выстреливали ионами хрома с энергией 280 МэВ в мишени из свинца и висмута. Что могло получиться? В начале 1974 года атомщики в Дубне зарегистрировали при такой бомбардировке 50 случаев, указывающих на образование 106-го элемента, который, однако, распадается уже через $10^{[-2]}$ с. Эти 50 атомных ядер образовались по схеме:



Немного позднее Гиорсо и Сиборг из лаборатории Лоуренса в Беркли сообщили, что они синтезировали изотоп нового, 106-го, элемента с массовым числом 263 путем обстрела калифорния-249 ионами кислорода в аппарате Super-HILAC.

Какое имя будет носить новый элемент? Откинув прежние разногласия, обе группы в Беркли и Дубне, соперничающие в научном соревновании, пришли на этот раз к единому мнению. О названиях говорить еще рано, сказал Оганесян. А Гиорсо дополнил, что решено воздержаться от всяких предложений о наименовании 106-го элемента вплоть до прояснения ситуации.

К концу 1976 года дубнинская лаборатория ядерных реакций закончила серию опытов по синтезу 107-го элемента; в качестве исходного вещества дубнинским "алхимикам" послужил "магический" висмут-209. При обстреле ионами хрома с энергией 290 МэВ он превращался в изотоп 107-го элемента:



107-й элемент самопроизвольно распадается с периодом полураспада 0,002 с и, кроме того, излучает альфа-частицы.

Найденные для 106- и 107-го элементов периоды полураспада 0,01 и 0,002 с заставили насторожиться. Ведь они оказались на несколько порядков больше, чем предсказывали расчеты ЭВМ. Быть может, на 107-й элемент уже заметно влияла близость последующего магического числа протонов и нейтронов - 114, повышающая устойчивость? Если это так, то была надежда получить и долгоживущие изотопы 107-го элемента, например обстрелом берклия ионами неона. Расчеты показали, что образующийся по этой реакции изотоп, богатый нейтронами, должен был бы обладать периодом полураспада, превышающим 1 с. Это позволило бы изучить химические свойства 107-го элемента - экарения.

Самый долгоживущий изотоп первого трансурана, элемента 93 - нептуний-237,- обладает периодом полураспада 2 100 000 лет; самый устойчивый изотоп 100-го элемента - фермий-257- только 97 дней. Начиная с 104-го элемента периоды полураспада составляют лишь доли секунды. Поэтому, казалось, что нет абсолютно никакой надежды обнаружить эти элементы. Для чего же нужны дальнейшие исследования? Альберт Гиорсо, ведущий специалист США по трансуранам, высказался однажды в этой связи: "Причиной для продолжения поисков дальнейших элементов является просто-напросто удовлетворение человеческого любопытства - а что же происходит за следующим поворотом улицы?" Однако это, конечно, не просто научное любопытство. Гиорсо давал все же понять, как важно продолжение такого фундаментального исследования.

В 60-е годы теория магических ядерных чисел приобретала все большее значение. В "море неустойчивости" ученые отчаянно пытались найти спасительный "островок относительной устойчивости", на который могла бы твердо опереться нога исследователя атома. Хотя этот островок до сих пор еще не открыт, "координаты" его известны: элемент 114, экаспинец, считается центром большой области устойчивости. Изотоп-298 элемента 114 уже давно является особым предметом научных споров, ибо, имея 114 протонов и 184 нейтрона, он представляет собой одно из тех дважды магических атомных ядер, которым предсказывают длительное существование. Однако, что же означает длительное существование? Предварительные расчеты показывают: период полураспада с выделением альфа-частиц

колеблется от 1 до 1000 лет, а по отношению к самопроизвольному делению - от 108 до 10^{16} лет. Такие колебания, как указывают физики, объясняются приближенностью "компьютерной химии".

Весьма обнадеживающие значения периодов полураспада предсказывают для следующего островка устойчивости - элемента 164, двисвинца. Изотоп 164-го элемента с массовым числом 482 - также дважды магический: его ядро образуют 164 протона и 318 нейтронов.

Науку интересуют и просто магические сверхтяжелые элементы, как, например, изотоп-294 элемента 110 или изотоп-310 элемента 126, содержащие по 184 нейтрона. Диву даешься, как исследователи вполне серьезно жонглируют этими воображаемыми элементами, будто они уже существуют. Из ЭВМ извлекаются все новые данные и сейчас уже определенно известно, какими свойствами - ядерными, кристаллографическими и химическими - должны обладать эти сверхтяжелые элементы. В специальной литературе накапливаются точные данные для элементов, которые люди, быть может, откроют лет через 50.

В настоящее время атомщики путешествуют по морю неустойчивости в ожидании открытий. За их спинами осталась твердая земля: полуостров с естественными радиоактивными элементами, отмеченный возвышенностями тория и урана, и далеко простирающаяся твердая земля со всеми прочими элементами и вершинами свинца, олова и кальция. Отважные мореплаватели уже давно находятся в открытом море. На неожиданном месте они нашли отмель: открытые 106 и 107-й элементы устойчивее, чем ожидалось.

В последние годы мы долго плыли по морю неустойчивости, рассуждает Г. Н. Флеров, и вдруг, в последний момент, почувствовали землю под ногами. Случайная подводная скала? Либо песчаная отмель долгожданного островка устойчивости? Если правильно второе, то у нас есть реальная возможность создать новую периодическую систему из устойчивых сверхтяжелых элементов, обладающих поразительными свойствами.

После того, как стала известна гипотеза об устойчивых элементах вблизи порядковых номеров 114, 126, 164, исследователи всего мира набросились на эти "сверхтяжелые" атомы. Некоторые из них, с предположительно большими периодами полураспада, надеялись обнаружить на Земле или в Космосе, по крайней мере в виде следов. Ведь при возникновении нашей Солнечной системы эти элементы так же существовали, как и все прочие.

Следы сверхтяжелых элементов - что следует под этим понимать? В результате своей способности самопроизвольно делиться на два ядерных осколка с большой массой и энергией эти трансураны должны были бы оставить в находящейся по соседству материи отчетливые следы разрушения. Подобные следы можно увидеть в минералах под микроскопом после их травления. С помощью такого метода следов разрушения можно в настоящее время проследить существование давно погибших элементов. Из ширины оставленных следов можно оценить и порядковый номер элемента - ширина трека пропорциональна квадрату заряда ядра. "Живущие" еще сверхтяжелые элементы надеются также выявить, исходя из того, что они многократно испускают нейтроны. При самопроизвольном процессе деления эти элементы испускают до 10 нейтронов.

Следы сверхтяжелых элементов искали в марганцевых конкрециях из глубин океана, а также в водах после таяния ледников полярных морей. До сих пор безрезультатно. Г. Н. Флеров с сотрудниками исследовал свинцовые стекла древней витрины XIV века, лейденскую банку XIX века, вазу из свинцового хрусталя XVIII века. Сначала несколько следов самопроизвольного деления указали на экасвинец- 114-й элемент. Однако, когда дубнинские ученые повторили свои измерения с высокочувствительным детектором нейтронов в самом глубоком соляном руднике Советского Союза, то положительного результата не получили. На такую глубину не могло проникнуть космическое излучение, которое, по-видимому, вызвало наблюдавшийся эффект.

В 1977 году профессор Флеров предположил, что он наконец обнаружил "сигналы нового трансурана" при исследовании глубинных термальных вод полуострова Челекен в Каспийском море. Однако число зарегистрированных случаев было слишком мало для

однозначного отнесения. Через год группа Флерова зарегистрировала уже 150 спонтанных делений в месяц. Эти данные получены при работе с ионообменником, заполненным неизвестным трансуранием из термальных вод. Флеров оценил период полураспада присутствовавшего элемента, который он еще не смог выделить, миллиардами лет.

Другие исследователи пошли иными путями. Профессор Фаулер и его сотрудники из Бристольского университета предприняли эксперименты с аэростатами на большой высоте. С помощью детекторов малых количеств ядер были выявлены многочисленные участки с зарядами ядер, превышающими 92. Английские исследователи считали, что один из следов указывает даже на элементы 102...108. Позднее они внесли поправку: неизвестный элемент имеет порядковый номер 96 (кюрий).

Как же попадают эти сверхтяжелые частички в стратосферу земного шара? До настоящего времени выдвинуто несколько теорий. Согласно им, тяжелые атомы должны возникать при взрывах сверхновых звезд либо при других астрофизических процессах и достигать Земли в виде космического излучения или пыли - но только через 1000 - 1 000 000 лет. Эти космические осадки в настоящее время ищут как в атмосфере, так и в глубинных морских отложениях.

Значит, сверхтяжелые элементы могут находиться в космическом излучении? Правда, по оценке американских ученых, предпринявших в 1975 году эксперимент "Скайлэб", такая гипотеза не подтвердилась. В космической лаборатории, облетавшей Землю, установили детекторы, поглощающие тяжелые частички из космоса; обнаружены были лишь треки известных элементов. Лунная пыль, доставленная на Землю после первой посадки на Луну в 1969 году, не менее тщательно обследовалась на присутствие сверхтяжелых элементов. Когда нашли следы "долгоживущих" частичек до 0,025 мм, некоторые исследователи сочли, что их можно приписать элементам 110- 119.

Аналогичные результаты дали исследования аномального изотопного состава благородного газа ксенона, содержащегося в различных образцах метеоритов. Физики высказали мнение, что этот эффект можно объяснить лишь существованием сверхтяжелых элементов. Советские ученые в Дубне, которые проанализировали 20 кг метеорита Алленде, упавшего в Мексике осенью 1969 года, в результате трехмесячного наблюдения смогли обнаружить несколько спонтанных делений. Однако после того, как было установлено, что "природный" плутоний-244, некогда являвшийся составной частью нашей Солнечной системы, оставляет совершенно сходные следы, интерпретацию стали проводить осторожнее.

Атомная масса 500. Где границы вещественного мира?

В июле 1976 года, как будто специально к 200-летию юбилею США, мир облетело сообщение, которое отметили как научную сенсацию высшего порядка. Америка открыла элемент 126 с относительной атомной массой 350! Первый представитель гипотетических суперактиноидов, к которым должны принадлежать элементы от 122 до 153, был найден. Его назвали бисентениум - в честь 200-летия независимости США. Открывателями, прославившими себя, оказались Роберт Джентри из Национальной лаборатории в Ок-Ридже и несколько сотрудников из Калифорнийского государственного университета.

Многие годы Джентри занимался "радиоактивными нимбами", присутствующими в различных минералах и называемыми также ореолами. Последние образуются в результате альфа-излучения радиоактивных атомов, которое разрушает кристаллическую решетку. Можно измерить размеры этих нимбов под микроскопом и затем оценить энергию альфа-частиц. Еще в 1935-1940 годах австрийский физик Йозеф Шинтльмейстер бился над разрешением той же проблемы. Он был одержим идеей о наличии неизвестных элементов в минералах типа слюды. Его особенно интересовали плеохроические нимбы, которые возникают вследствие радиоактивных включений. Некоторые из нимбов были так велики, что должны были вызываться альфа-излучением с необычно большой энергией. Позднее профессор Шинтльмейстер работал в Россельдорфе и продолжал поиски, хотя и безрезультатные, этих загадочных альфа-излучений. До последнего времени он неустанно обменивался научными мыслями с профессором Флеровым.

Неизвестно, знал ли Джентри о работах Шинтльмейстера. Однако он шел по тому же следу. В биотите с Мадагаскара Джентри обнаружил неожиданно большие нимбы - гигантские ореолы. Они должны были возникнуть под действием альфа-частиц с энергией 14 МэВ. Однако среди известных нуклидов нельзя обнаружить альфа-излучателей такого рода. Джентри и его сотрудники считали, что такие гигантские нимбы можно объяснить распадом сверхтяжелого элемента.

Американцы сняли рентгеновские спектры предполагаемых сверхтяжелых элементов индуцированием потоком протонов и приписали найденные значения элементу 126, а также элементам 116, 124 и 127. Такая смелость задела за живое ученых всего мира. Несколько исследовательских групп устремились перепроверять ошеломляющие данные Джентри. Особенно велики в этом заслуги сотрудников Института ядерной физики имени Макса Планка (Гейдельберг) под руководством профессора Повха. В конце 1976 года последовало разочарование. Повх хладнокровно объявил, что американцы стали жертвой как эффекта загрязнений, так и неправильной интерпретации данных рентгеноспектроскопии. Все рентгеновские полосы, отнесенные к сверхтяжелым элементам, на самом деле происходят от обычных элементов, главным образом от церия. "На такие ошибки надо смотреть философски,- утешал Повх.- Тот, кто неустанно всю свою жизнь ищет какую-либо вещь, вдруг верит в то, что он ее действительно нашел. Со мной как-то произошло то же самое".

С тяжелым сердцем начал Джентри сам развенчивать свое "открытие". В конце концов он подверг бомбардировке в синхротроне тот же кусок биотита, в котором он в свое время якобы находил бисентениум. Таким путем Джентри хотел получить рентгеновские линии, отнесение которых не подвергалось бы критике коллег. На этот раз Джентри уже не нашел никаких указаний на сверхтяжелые элементы с порядковыми номерами от 105 до 129. Не нашел и тогда, когда повысил чувствительность определений до $5 \cdot 10^{18}$ атомов в каждом гигантском ореоле.

Островок устойчивости, неясно возникший было на горизонте, оказался на этот раз миражем. Как и 40 лет назад, нашли лишь... ложные трансураны. Однако для пессимизма пока повода не было. Имеется сообщение 1977 года: исследователи Института ядерной физики в Орсей (Франция) нашли неизвестную естественную радиоактивность в чистом гафнии и в гафниево-циркониевых минералах. Источником ее должен быть новый сверхтяжелый элемент, который может содержаться в количестве $10^{[-13]}$ г в 1 г исходного вещества. Естественно, французы пока не высказываются, какой именно это трансуран и как его называть.

Следовательно, несмотря на все неудачи, поиски неизвестных сверхтяжелых элементов продолжаются. Наука неизменно стремится продвинуться до крайних пределов периодической системы. Если не удастся найти сверхтяжелые элементы на Земле или в Космосе, тогда надо хотя бы получить их искусственно, а путь для этого, известен: превращение других элементов.

Еще в 1971 году английские ученые сочли, что они первыми вступили на легендарный "островок устойчивости". После анализа вольфрама, 56-го элемента, который в течение одного года подвергался бомбардировке притоном с огромной энергией в 24 ГэВ в синхротроне CERN, они обнаружили спонтанно распадающийся тяжелый трансуран - экартуть, элемент 112. По мнению первооткрывателей, атомы вольфрама приобрели столь высокую энергию, что был превзойден порог кулоновского взаимодействия: два ядра вольфрама слились с образованием нового атомного ядра - элемента 112. Потребовалось некоторое время, чтобы обнаружить ошибку. Вновь виновна в ней была грязь. Таинственная самопроизвольно распадающаяся примесь являлась калифорнием - 98-м, а не 112-м элементом. До сих пор является загадкой, откуда "вылезло" это загрязнение.

Несмотря на такие превратности судьбы, ученые упорно стремятся соединить друг с другом ядра тяжелых атомов для получения сверхтяжелых элементов. Считается, что следует, соединив последовательно ускорители тяжелых ионов, достичь такой мощности, чтобы даже ядра урана смогли преодолеть порог кулоновского отталкивания и слиться друг с другом. Из двух атомов изотопа урана $^{[238]}U$ должен образоваться $^{[476]}X$, то есть 184-й элемент с

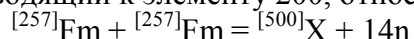
относительной атомной массой, близкой к 500. Конечно, было бы уже хорошо, если при такой "реакции с избытком" можно было получить хотя бы устойчивые элементы 164 или 114.

Элемент со злополучной атомной массой 500 уже однажды был описан в "литературе": черный, блестящий ком материи размером с яблоко весил центнер. Он состоял из металла с атомной массой 500. Этот сверхтяжелый металл был выплавлен в специальных автоклавах при давлении 50 000 МПа и температуре 1 000 000 °С путем ступенчатого присоединения к урану гелия. Этого вещества, взятого на кончике ножа, было достаточно, чтобы электростанция работала в течение нескольких месяцев... во всяком случае писатель Доминик в 1935 году так описывает синтез и свойства элемента с "атомной массой 500" в романе с тем же названием. С тех пор такие представления бытуют в головах читателей фантастики. Сегодня ставится тот же вопрос: возможен ли синтез элемента с такой атомной массой или при этом мы выскочим за пределы периодической системы?

В наше время уже можно осуществить опыты по ускорению атомов урана до необходимого порога энергии для термоядерного синтеза; для этого можно было бы использовать мощнейшие ускорители тяжелых ионов-UNILAC в Дармштадте, У-400 в Дубне, Super-NILAC в Беркли. Может показаться, что реализация синтеза элемента с массовым числом 500 существенно приблизилась. Когда в 1977 году впервые на UNILAC'e ядра урана с энергией 1785 МэВ были направлены навстречу друг другу, то ожидалось истинные чудеса. Физики напряженно склонились над первыми ядерными треками, появившимися на детекторах. Начало вырисовываться оригинальное явление: деление урана на четыре обломка. Оба ядра урана раскололись на две части. Однако сверхтяжелых элементов нельзя было обнаружить.

Граница синтеза элементов оценивается где-то около 200-го элемента. Здесь в будущем должна закончиться периодическая система. Элементы с более высоким порядковым номером не должны существовать: большое число протонов в ядре мгновенно привело бы к захвату ближайших к ядру элементов и в заключение к гибели всего атома. В результате могут образовываться ядра с меньшим зарядом, а часть атома превратилась бы в энергию излучения.

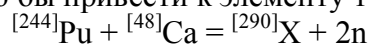
Мы знаем, что фермий-257 является самым тяжелым изотопом, который существует в весомых количествах. Он имеет удобный для практики период полураспада, равный почти ста дням. Этот изотоп мог бы служить в качестве мишени. Поэтому при использовании сильно разогнанных ионов фермия-257, теоретически возможен процесс термоядерного синтеза, приводящий к элементу 200, относительная атомная масса которого равна 500:



Для 200-го элемента уже есть имя: бинилнилий. Международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК.) давно пытается воодушевить ученых на единообразное наименование химических элементов. Тогда не будет тех спорных вопросов, которые появились в последнее время. Начиная с элемента 100 наименования складываются из готовых слогов: "нил" для нуля, "ун" для единицы, "би" для двух и суффикс. Тогда элемент 114 назывался бы просто унунквадий, а элемент 200 - бинилнилий. И никто бы больше не спорил, должен ли элемент 105 называться ханием или нильсборием. Его название уннилпентий. Однако, к огорчению ИЮПАК, еще никто из ученых ни в Дубне, ни в Беркли не последовал этому предложению. Значит, шансы на введение в химию такого "дремучего" языка малы. По мнению Сиборга, ему приятнее сказать "элемент 114", чем "унунквадий", на котором язык сломаешь...

Однако, будет ли когда-нибудь в достаточном количестве фермий-257 - основа для получения бинилнилия, то есть, по-старому, элемента 200? Это вполне оправданный вопрос. Ведь из 1 т плутония в мощном реакторе образуется максимально 1 мкг фермия-257, и то после 10-летней бомбардировки нейтронами! Если не удастся получить большие количества фермия другими путями, то придется отказаться от столь заманчивого синтеза элемента с относительной атомной массой 500.

Больше надежд сулят опыты по синтезу элементов, лежащих близко к островку устойчивости. Так, взаимодействие плутония-244 с дважды магическим кальцием 48 должно было бы привести к элементу 114:



Правда, здесь не получится сверхустойчивого изотопа-298 элемента 114. Однако специалисты ожидают, что изотоп с массовым числом 290 будет также иметь довольно большую продолжительность жизни. Сейчас соответствующие опыты планируются как в Дубне, так и в Беркли. Решающим препятствием до сих пор являлась скудость запасов исходных веществ: в природном кальции присутствует лишь 0,18 % кальция-48, и он должен длительно обогащаться. В настоящее время мировой запас кальция-48 составляет всего несколько граммов. Плутоний-244 тоже необходимо сначала "инкубировать" в реакторе в достаточном количестве.

Однако при всем оптимизме физикам ясно: даже с помощью самых мощных ускорителей тяжелых ионов никогда нельзя будет получить весомые количества сверхтяжелых элементов... Но это не останавливает ученых. Им необходимо знать, куда ведет дорога "за ближайшим уличным поворотом". Действительно, куда же ведет этот путь?

Если повнимательнее присмотреться к истории открытия элементов, богатой ошибками и разочарованиями, то, возможно, появятся сомнения в успехе такой тяжелой погони за "сверхтяжелыми" элементами: не будут ли вновь открыты ложные трансураны? Быть может, он вовсе и не существует, этот далекий "островок устойчивости"? Отто Хан неоднократно подчеркивал, что он постоянно искал не то, что находил. Пусть же ученые в своем путешествии по "морю неустойчивости" откроют в конце концов нечто сногсшибательное! По этому поводу Сиборг заявил: "Если обнаружится, что теория верна, тогда для исследователя откроется совершенно новый мир химии и физики, в сравнении с которым все предыдущие попытки покажутся бесцветными".

Искусственные элементы в исследовании Космоса

Для чего нужны трансураны, а также другие искусственные элементы? Стоят ли они действительно таких огромных затрат для их исследования и производства?

Технеций (Tc), первый искусственный элемент в периодической системе, завоевал широкие области применения. В настоящее время его получают в килограммовых количествах из радиоактивных отходов атомной промышленности. Когда в Соединенных Штатах было начато коммерческое производство и использование технеция, то цена за 1 г за несколько лет упала с 17 000 до 90 долларов. Теперь технеций применяют в медицине как ядерное фармацевтическое средство для радиологии различных органов с целью проверки их функциональной деятельности. Таким путем можно диагностировать также раковые заболевания. Вводимый для этого изотоп $^{99\text{m}}\text{Tc}$, вследствие малого периода полураспада, равного 6 ч, приходится изготавливать в изотопном молибденовом генераторе непосредственно перед использованием.

Поговаривают о технеции как о возможном катализаторе для химической промышленности. Однако самые большие его достоинства заключаются в защите от коррозии. Пертехнаты являются мощными ингибиторами коррозии. Такое открытие сделал американец Картледж в начале 1955 года. Он обнаружил, что добавка уже 0,00005 % технеция прекращает коррозию стали и железа в воде.

Прометий (Pm), второй искусственный элемент, также приобрел значение в технике. Бета-излучатель прометий-147 в качестве заменителя радия применяют для изготовления фосфоресцирующих веществ, которые используют, например, для контрольных приборов на борту самолетов. Прометий нужен также для измерения радиоактивным методом толщины фольги и листового стекла. Однако наиболее важным применением этого элемента является его способность быть источником ядерной энергии: он, как все радиоактивные бета-излучающие элементы, ионизирует пограничный слой полупроводников, в результате чего возникает ток. Такое явление называют бетавольтэффектом. Оксид прометия-147 массой в 24 г, запрессованный под давлением в платиновую капсулу, дает энергию в 8 Вт. В настоящее

время изготавливают минибатареи из прометия-147 размером не более двухкопеечной монеты. Длительность их работы ограничена лишь периодом полураспада изотопа. Последний составляет два с половиной года.

Альфа-излучающие трансураны по своей природе способны выделять значительную тепловую энергию. Поэтому препараты кюрия сильно фосфоресцируют и такого термического свечения достаточно для того, чтобы их можно было сфотографировать в темноте в собственном излучении.

Водные растворы, содержащие несколько миллиграммов соли кюрия на литр, закипают сами собой. Они выглядят, как искрящееся шампанское,- завораживающее зрелище. При работе такие растворы необходимо непрерывно охлаждать. Таблетки из нескольких граммов оксида кюрия постоянно раскалены, температура их поверхности выше 1200 °С!

Когда в 1947 году впервые получили кюрий в "значительных" количествах, этот мировой запас состоял из крошечной пылинки гидроксида кюрия, едва видимой невооруженным глазом. В настоящее время кюрий получают в килограммовых количествах. По своей удельной теплотворной способности, равной 123 Вт/г, кюрий-242 с периодом полураспада 162 дня превосходит все другие трансураны. Кюрий-244 выделяет лишь 2,9 Вт/г, но зато обладает большей продолжительностью жизни (период полураспада 17,6 лет). Плутоний-238, выделяющий энергию в 0,46 Вт/г, имеет почтенный период полураспада в 88 лет.

Из этих альфа-излучателей с помощью термоэлементов получают ток. При установке таких термоионных изотопных батарей целиком руководствуются их назначением. Если желательны долгоживущие источники энергии, например для измерительных или запускаемых в космос приборов, для снабжения током светящихся биев и автоматических метеостанций либо для обогрева одежды водолазов или космонавтов, то предпочтителен кюрий-244 или плутоний-238. Если же, напротив, требуется на короткое время выработка больших количеств энергии, то выгоднее батарея из кюрия-242.

Обычно атомные батареи применяют повсеместно в тех случаях, где эти носители энергии могут проявить свои поразительные свойства: они занимают минимальный объем, не нуждаются в уходе и надежны даже в экстремальных условиях. Предпочтительнее всего использовать их в космических путешествиях. Когда 4 октября 1957 года в СССР был выведен на орбиту первый искусственный спутник Земли, то его химические батареи могли давать энергию в течение 23-х дней. После этого мощность их была исчерпана. Напротив, батареи из радиоактивных нуклидов имеют совершенно иные резервы мощности.

В 1961 году такая батарея типа SNAP (System for nuclear auxiliary Power^[72]) впервые установлена США на борту навигационного спутника "Транзит". Поставщиком энергии служил плутоний-238, теплота которого термоэлектрически превращалась в ток. С тех пор в космических полетах не раз использовали атомные батареи, Советский Союз - в спутниках типа "Космос". В США, например, метеоспутник "Нимбус", который вращается вокруг Земли с мая 1968 года, имеет батарею на плутоний-238 мощностью 60 Вт. Американский лунный зонд "Сарвейор", который в 1966 году передал по радио на Землю первый химический анализ лунного грунта, обладал энергетической установкой в 20 Вт, питаемой 7,5 г кюрия-242.

Известной стала мини-электростанция SNAP 27, мощность которой (73 Вт) обеспечивается 4,3 кг плутония-238. Ее размеры составляют 45 X 40 см. 12 ноября 1969 года астронавты "Аполлона 12" установили SNAP 27 на Луне. Из соображений безопасности на время космического полета американские космонавты закрепили плутониевый стержень, имеющий температуру 700 °С, на наружной стенке лунного корабля. Только после посадки они поместили его внутрь генератора.

SNAP 27 сразу стали давать электрический ток, а позднее - снабжать энергией оставленную на Луне измерительную аппаратуру.

Еще раньше, при первой посадке на Луну, американцы использовали источники энергии из плутония-238. Такие батареи помещали в измерительные приборы, и они гарантировали их безупречную работу, даже при тех резких перепадах температур, которые существуют на спутнике нашей Земли. В полетах космических кораблей "Аполлон" источник энергии из 570 г

плутония-238 обеспечивал регенерацию питьевой воды. С его помощью американские астронавты могли ежедневно регенерировать 8 л воды. Исследовательский корабль "Луноход", спущенный на поверхность Луны Советским Союзом в ноябре 1970 года, был обеспечен радиоактивными изотопами для регулировки температуры.

Источники энергии, снабженные долгоживущими изотопами, особенно необходимы для космических зондов, находящихся в "дальних странствиях" к удаленным планетам. Поэтому американские зонды "Викинг", которые были высажены на Марс в июле и сентябре 1976 года с целью поисков там разумной жизни, имели на борту два радиоизотопных генератора для обеспечения энергией спускаемого аппарата. Космические станции вблизи Земли, такие, как "Салют" (СССР) и "Скайлэб" (США), получают энергию от солнечных батарей, питаемых энергией Солнца. Однако зонды для Юпитера нельзя оснащать солнечными батареями. Излучения Солнца, которое получает зонд вблизи далекого Юпитера, совершенно недостаточно для обеспечения прибора энергией. Кроме того, при космическом перелете Земля - Юпитер требуется преодолеть огромные межпланетные расстояния при продолжительности полета от 600 до 700 дней. Для таких космических экспедиций основой удачи является надежность энергетических установок.

Поэтому американские зонды планеты Юпитер - "Пионер 10", который стартовал в феврале 1972 года, а в декабре 1973 года достиг наибольшего приближения к Юпитеру, а также его преемник "Пионер II"-были оснащены четырьмя мощными батареями с плутонием-238, помещенными на концах кронштейнов длиной в 27 м. В 1987 году "Пионер 10" пролетит мимо самой удаленной от Земли планеты - Плутона, а затем это первое земное космическое тело покинет нашу Солнечную систему, имея на борту химический элемент, искусственно полученный на Земле.

Перспективно применение искусственных элементов для снабжения энергией сердечных регуляторов. От таких батарей требуется, чтобы они периодически посылали сердечной мышце электрические импульсы. Применявшиеся до сих пор химические батареи неизмеримо больше атомных по размерам и работают только два-три года. Продолжительность работы атомных сердечных регуляторов с плутонием-238 оценивают не менее чем в десять лет. Следовательно, при неблагоприятных обстоятельствах пациент с больным сердцем должен подвергаться хирургическому вмешательству каждые десять лет. К атомным регуляторам предъявляются особенно жесткие требования по технике безопасности, чтобы ни при каких обстоятельствах чрезвычайно токсичный плутоний не смог вырваться наружу. В 1970 году французские врачи имплантировали двум людям сердечные регуляторы, которые весили всего по 40 г. Требуемую мощность в 200 мкВт обеспечивали 150 мг плутония-238. С тех пор эти регуляторы поддерживают сердечную деятельность обоих пациентов. Столь убедительный успех создал целую медицинскую школу. Медики имплантируют сердечные регуляторы из плутония-238 или прометия-247, в последние годы также в Советском Союзе и Польше.

Изотоп плутония ^[238]Pu оправдал себя и для других медицинских целей. Он служит источником энергии для "искусственного сердца" - насоса для крови, спасителя жизни при остановке кровообращения. Элемент плутоний все больше делается похожим на двуликого Януса - он в равной мере может внушать как надежды, так и страх.

Калифорний: в поисках наркотиков и золота

В 1950 году трансурановый элемент калифорний (Cf) появился на свет в количестве нескольких атомов. В настоящее время планируется и осуществляется "производственная программа" для получения его миллиграммовых количеств. Мировой запас калифорния составляет несколько граммов, вероятно, никак не более 5 г. Калифорний невероятно дорог. Один грамм его стоит около 10 миллионов долларов. Какие же свойства, несмотря на это, делают этот изотоп столь необходимым?

Калифорний-252 имеет период полураспада 2,6 года. При этом самопроизвольно делится 3 % всех атомов и при каждом делении выделяется четыре нейтрона. Вот именно такая нейтронная эмиссия и делает калифорний-252 столь интересным, ибо 1 г в секунду выделяет 2,4 миллиарда (10^{12}) нейтронов. Это соответствует нейтронному потоку среднего ядерного

реактора! Если бы такое нейтронное излучение захотели получить классическим путем из радио-бериллиевого источника, то для этого потребовалось бы 200 кг радия. Столь огромного запаса радия вообще не существует на Земле. Даже такое невидимое глазом количество, как 1 мкг калифорния-252, дает более 2 миллионов нейтронов в секунду. Поэтому калифорний-252 в последнее время используют в медицине в качестве точечного источника нейтронов с большой плотностью потока для локальной обработки злокачественных опухолей.

Во многих случаях калифорний может теперь заменить атомный реактор, например для таких специальных аналитических исследований, как нейтронная радиография или активационный анализ. С помощью нейтронной радиографии просвечиваются детали самолетов, части реакторов, изделия самого различного профиля. Повреждения, которые обычно невозможно обнаружить, теперь легко находят. Для этой цели в СССР и США разработана транспортабельная нейтронная камера с калифорнием-252 в качестве источника излучения. Она позволяет вести работу вне зависимости от стационарного атомного реактора. В борьбе с преступностью в США такая нейтронная камера показала свой превосходный "нюх". Таблетки ЛСД и марихуана, спрятанные в патронных гильзах, были сразу обнаружены. С помощью рентгеновских лучей контрабандные наркотики найти не удавалось.

Более распространено использование калифорния в нейтронно-активационном анализе. Под этим имеется в виду высокочувствительный метод анализа, пригодный в особенности для определения следов элементов. Исследуемые вещества подвергаются облучению потоком нейтронов, в результате чего образуются искусственные радиоактивные изотопы. Интенсивность их излучения является мерой содержания составных частей примесей. При (n, γ)-реакциях можно с помощью гамма-спектроскопии высокой точности изящным методом измерить интенсивность гамма-излучения, специфическую для каждого нуклида, а по интенсивности найти содержание определяемого элемента.

В настоящее время общепринято активировать материал пробы в атомном реакторе. Однако все более предпочтительными становятся небольшие переносные источники нейтронов. Они позволяют проводить нейтронно-активационный анализ на месте. Убедительным примером является изучение состава поверхности Луны и удаленных от Земли планет. При поисках рудных месторождений, находящихся в недоступных местах на Земле и на дне моря, применяют точечные источники нейтронов. Для разведывания месторождений нефти используют зонды буровых скважин с калифорнием-252.

В активационном анализе чувствительность чрезвычайно высока. Могут быть обнаружены ничтожные количества - $10^{[-10]}$ - $10^{[-13]}$ г исследуемого вещества. Для некоторых элементов чувствительность еще выше. Например, с помощью активационного анализа удается обнаружить даже $10^{[-17]}$ г, то есть около 250 00 атомов.

Умер ли Наполеон I в ссылке естественной смертью? На этот вопрос, неоднократно подвергавшийся обсуждению, был получен однозначный ответ лишь 140 лет спустя. В качестве "вещественного доказательства" послужила прядь волос французского императора, которая была срезана у него 5 мая 1821 года на острове св. Елены, через день после его смерти. Она хранилась из поколения в поколение несколькими почитателями в качестве драгоценного сувенира. Судебные медики обнаружили, что император стал жертвой отравления. С помощью активационного анализа было установлено, что в волосах Наполеона содержится мышьяка в 13 раз больше нормы. Из различного содержания мышьяка на отдельных участках роста волос можно было установить даже время, когда начали ему подмешивать в пищу яд.

В настоящее время уже не является загадкой происхождение античных мраморных статуй, поскольку стало известно, что для различных древних мраморных каменоломен характерно присутствие определенных примесных элементов. Исследования красящих пигментов картин с помощью активационного анализа оказались весьма ценными для их датирования. Следы посторонних примесей в свинцовых белилах - весьма распространенной краске - совершенно характерно изменяются с течением времени. Сходное поведение

обнаружено также для других художественных красок. С тех пор, как появился нейтронно-активационный анализ, исчезли все возможности для подделки картин старых мастеров.

Неоценимое преимущество этого метода проявляется в особенности при исследовании ценных старинных произведений искусства, ибо испытание не связано абсолютно ни с каким разрушением. При других современных методах анализа, как, например, рентгенофлюоресцентном или спектральном, неизбежно хотя бы поверхностное повреждение изучаемого объекта.

Золото и серебро также можно прекрасно определять путем активационного анализа, причем как в микро-, так и в макроколичествах. Знаменитый медальон Венцеля Зейлера остался бы в настоящее время неповрежденным, если бы его тайна была раскрыта с помощью этого метода. Активационный анализ, предназначенный прежде всего для следов элементов, был применен и для макроскопических определений. Используя небольшие потоки нейтронов [10^{13} нейтронов/(см²)*с) вместо обычных 10^{19} - 10^{14}], можно определить основные составные части сплава, например содержание золота и серебра в золотой монете. Хорошую службу оказывают здесь источники нейтронов на основе калифорния-252.

Таким образом, в настоящее время вполне возможно определить состав или же подлинность исторических монет из благородных металлов без их разрушения. Теперь можно было бы изобличить даже фальшивомонетчиков древности. Когда папа Григорий IX отлучил от церкви римского императора и короля Сицилии Фридриха II, он кроме всего прочего обвинил его в подделке монет. Это легко было обнаружить для серебряных динаров, пущенных в обращение Фридрихом II, ибо они имели лишь посеребренную поверхность. А как же обстояло дело с известными золотыми августалами (которые приказал чеканить Фридрих) - монетами большой нумизматической ценности? Обладали ли они предписанным содержанием благородного металла в 20,5 карата, что составляло 85,5 % золота? На этот вопрос долгое время нельзя было ответить, ибо никто не решался пожертвовать немногими коллекционными монетами для традиционного анализа. Нейтронная активация без повреждения монет дала доказательство того, что августалы XIII века соответствовали требуемому составу, то есть являлись подлинными.

В прежние времена выпуск фальшивых монет был строго наказуем. В 1124 году английский король Генрих I приказал жестоко изувечить сто мастеров монетного двора по подозрению в подмене серебра в монетах на олово. В настоящее время, с 1971 года, эти мастера должны считаться реабилитированными, хотя и слишком поздно: активационный анализ безупречно доказал, что серебряные монеты, вызывавшие подозрения, содержат требуемые количества металла.

Нейтронно-активационный анализ помогает геологам при поисках месторождений золота и серебра. В Советском Союзе в Ташкентском институте ядерной физики разработаны методы гамма-спектроскопического определения содержания золота в скальных породах при помощи бурового зонда, снабженного Cf-источником. Благородные металлы, заключенные в руде или в горных породах, активируются нейтронами. При этом образуются радиоактивные изотопы серебра или золота, которые можно легко различить, зная их период полураспада, а также расположение линий их гамма-спектров. Интенсивность полос дает сведения о содержании металла: в природных породах можно таким путем определить $10^{[-9]}$ % золота и серебра. Не остается незамеченной даже малейшая пылинка золота.

Проблемы производства трансуранов

Из числа трансуранов особый интерес представляют плутоний, америций, кюрий и калифорний. Как же обстоит дело с их получением? Настолько ли доступны эти искусственные элементы, чтобы можно было рекомендовать их использование?

Когда в 1966 году американское космическое ведомство запустило лунный зонд "Сарвейор", имевший на своем борту атомную энергетическую установку с 7,5 г кюрия, то лишь посвященные знали, как трудно было получить такое количество кюрия. Пришлось в течение четырех месяцев в мощном реакторе бомбардировать нейтронами 77 г америция-241 стоимостью в 20 000 долларов, а затем перерабатывать полученные продукты.

Еще более дорогостоящими оказались опыты американцев по получению транскюриевых элементов, прежде всего желанного калифорния-252. Для его ступенчатого синтеза надо, чтобы каждый атом плутония, полученный в реакторе, захватил суммарно 13 нейтронов. Однако при этом образуется множество других делящихся нуклидов, так что максимальный выход калифорния-252 составляет 0,05 %. Следовательно, из 1 кг плутония после многолетнего облучения в мощном реакторе можно получить в лучшем случае 0,5 г калифорния-252. Однако для поддержания мощности такого специального реактора требуется ежемесячно менять дорогостоящие стержни из урана-235. Этим объясняется колоссальная цена на 1 г калифорния: 10 миллионов долларов.

В 1972 году США располагали этим одним граммом. Для того, чтобы его можно было перевозить, потребовался специальный резервуар. Такая "упаковка" выглядела необычно: диаметр ее около 3 м, высота 4 м и масса 50 т. Вот в таком "бронированном сейфе" с многослойными стенками из парафина, свинца, бетона и стали и хранится сокровище из калифорния стоимостью в 10 миллионов долларов. Однако все это устройство - не для защиты от воров, а для защиты от радиации. Без такой "упаковки" этот грамм калифорния стал бы смертельно опасным из-за испускания нейтронов и вызвал бы повсюду радиоактивность, индуцированную нейтронами.

Из обзора за 1971 год следует, что с июля 1969 года по июль 1971 года в обоих мощных реакторах - в Ок-Ридже и Брукхэвене (США) - получены следующие количества трансуранов: 50 г кюрия-244; 54 мг калифорния-252; 0,4 мг эйнштейния-253; $5 \cdot 10^{18}$ атомов фермия-257 (невесомое количество).

Неудивительно, что при таких скудных выходах ведутся поиски других методов производства трансуранов - более быстрых, дешевых, выдающих продукт в больших количествах. Американцы, искони обладающие понятием "большого бизнеса", создали грандиозный план: ожидать 5 или 10 лет получения 1 г калифорния они не в состоянии; они хотели одним махом получить 10 г... с помощью взрыва атомной бомбы!

После некоторых предварительных опытов в июле 1969 года американцы решились на грандиозный эксперимент, получивший кодовое название "Хатч"^[73]. Место действия - испытательный полигон департамента атомной энергии США для подземных испытаний ядерного оружия в Неваде. Местность там в результате многочисленных ядерных взрывов выглядит как лунный кратер. В эксперименте "Хатч" на 600-метровой глубине взорвалась атомная бомба взрывной силы в 2000 кт тринитротолуола и образовала подземный кратер. За 10^{-7} с бомба выделила $4,5 \cdot 10^{25}$ нейтронов/см^[2] - в 10 миллиардов раз больше, чем мощнейший реактор. Когда спустя некоторое время снизилась радиоактивность, первые партии рискнули на планерах высадиться на месте взрыва, чтобы подготовить почву для бурения. Редкие трансураны находились в застывшем конгломерате сплавившихся пород весом около 150 000 т. Чтобы их добыть, потребовались бы "горнорудные" разработки. Это - безнадежное предприятие, и потому американцы ограничились буровой пробой в 100 г. Из нее они извлекли 10^{10} атомов фермия-257 - исходного вещества для получения 200-го элемента с относительной атомной массой 500. Это количество в сто раз превышало полученное до сих пор в мощном реакторе. По приближенной оценке всего при "Хатч"-взрыве было синтезировано 0,25 мг фермия-257, которые, увы, как и те вожаделенные 10 г калифорния, оказались рассеянными в твердой породе. Они и сегодня еще находятся там, если только не распались.

Эксперимент "Хатч", а также другие опытные взрывы натолкнули американских специалистов в 1972 году на далеко идущие планы. При помощи двух термоядерных взрывов, следующих в кратчайшее время один за другим, можно было бы перескочить через "барьер синтеза" фермия-258. Тогда можно было бы синтезировать высшие трансураны прежде, чем вновь распадется этот весьма короткоживущий промежуточный продукт. Вторая нейтронная молния должна была бы также перескочить через естественное самопроизвольное деление других трансуранов. С помощью такого "двойного выстрела" надеялись получить весомые количества сверхтяжелых элементов, находящихся вблизи порядкового числа 114. Но и до сих

пор эти "процессы синтеза" остаются лишь теорией. Ведь между СССР и США существуют весьма важные политические соглашения об ограничении подземных ядерных испытаний. Несмотря на это, американцы пытаются выдвинуть на первый план научные перспективы такого двойного взрыва: поскольку реакции между тяжелыми ионами не привели к цели, это - единственная возможность достигнуть островка устойчивости.

Радиоактивные "отходы" в настоящее время являются главным источником для получения синтетических элементов. Из остаточных растворов после переработки отработанного ядерного горючего получают технеций и прометий, а также искусственные трансураны. На долю нептуния, америция и кюрия приходится соответственно количества 500, 100 и 20 г на тонну выгорания. Таким образом, регенерационные установки в атомной промышленности служат не только для необходимого устранения опаснейших продуктов деления, но и для получения ценных нуклидов.

Однако превращение элементов в атомном реакторе приводит не только к радиоактивным нуклидам. Из отходов уранового реактора можно получить в качестве продуктов деления высококачественные благородные металлы - палладий и родий, - которые и сегодня считаются весьма ценными. Американские экономисты полагают, что их извлечение значительно рентабельнее; например, в 1980 году с радиоактивными отходами будет потеряно столько же родия, сколько его получили из природных источников с помощью весьма трудоемких процессов. Чем не алхимия: из урана получить палладий и родий, более ценные, чем исходное вещество.

Реакторы на быстрых нейтронах, "плутоний на черном рынке"

Плутоний является тем искусственным элементом, который сотворяется рукой человека в очень больших количествах, а именно тоннами. Это производство нельзя ограничить. В любом атомном реакторе неизбежно образуется плутоний. При выгорании 33 г урана-235 до 7 - 8 г образуется около 6 г 94-го элемента на каждый килограмм реакторного урана. В атомном реакторе на 1000 МВт ежегодно синтезируется от 200 до 250 кг плутония-239. Таким путем в Великобритании на 9-ти атомных станциях, работающих на природном уране, получили до марта 1977 года 7,5 т плутония за счет регенерации реакторных стержней.

Поэтому нетрудно, зная мощность реакторов, рассчитать мировой запас "мирного" плутония, находящегося в виде реакторных стержней. В начале 1976 года он составлял, вероятно, около 60 т. К этому количеству следует добавить официально не известный запас "плутониевого оружия", оцениваемый в 200-300 т. Это количество плутония, находящееся в атомном оружии, не столь уж "секретно": его можно легко рассчитать из концентрации криптона-85 в тропосфере нашей планеты, которая с 1959 года возрастает почти линейно. В атомных реакторах, вырабатывающих плутониевое оружие, этот радиоактивный газ образуется в количестве 0,3 % от общего выхода продуктов в процессе деления и практически целиком ускользает в атмосферу.

Помимо такого "искусственного" плутония имеются, как мы знаем, небольшие количества природного плутония. Все вместе заражает весь мир этим элементом.

Сравнительно безобидными являются те случаи, когда спутники или атомные батареи не достигали своей орбиты или сгорали в земной атмосфере. Это произошло, например, с американским спутником из серии "Транзит", который упал в 1964 году, имея на борту 1 кг плутония. Такие аварии в космических путешествиях никогда нельзя полностью исключить, да они и не представляют большой опасности. Плутоний-238, имеющий период полураспада 88 лет, к счастью, гораздо скорее исчезнет с поверхности Земли, чем долгоживущий плутоний-239 с периодом полураспада 24 100 лет. Так, почва Нагасаки еще и сегодня содержит в десять раз большее количество плутония-239, чем в других местах.

Озабоченность вызывают падения атомных бомбардировщиков США у Паломарес и Туле в 1966 и 1968 годах. При этом из ядерного оружия выделились значительные количества плутония-239. Еще больше загрязнили мир плутонием все надземные испытания атомного оружия. До прекращения этих испытаний были выброшены в атмосферу, по приближенной оценке, от 5 до 10 т плутония; 95 % его в виде осадков заражают радиацией обширные районы

земного шара. Следует напомнить, что плутоний вследствие своей радиоактивности в 10^{10} раз токсичнее синильной кислоты. При работе с этим ядом необходимы строжайшие меры предосторожности. Британский завод в Олдермастоне, вырабатывающий плутоний, вынужден был закрыться в августе 1978 года в результате протеста профсоюзов. У многих рабочих было обнаружено повышенное содержание плутония в организме.

Как ни опасен и коварен элемент плутоний, все же он необходим для обеспечения будущей энергетической потребности. С современной точки зрения атомная энергия является единственным выходом для покрытия дефицита, который возникнет в близком будущем вследствие растущего потребления энергии и истощения природных ресурсов. Не может быть никакой дискуссии о том, должны ли мы строить атомные электростанции или нет, - говорил в 1977 году президент Академии Наук СССР профессор А. П. Александров. - У человечества нет иного выхода; только с помощью атомных электростанций оно сможет удовлетворить свои потребности в энергии на века. Этими словами советский ученый однозначно обрисовал положение в мире.

Природные ресурсы урана-235 тоже исчерпаемы. Поэтому авторитетные специалисты считают, что уран как носитель энергии будет перспективным лишь в том случае, если для получения атомной энергии удастся использовать неделящийся уран-238. то есть превратить его в делящийся плутоний. Уран-238 составляет более 99 % природного урана. Следовательно, необходимо дополнительно получать делящийся плутоний, и именно в таких реакторах, которые вырабатывают этого атомного горючего больше, чем используют сами: в атомных реакторах на быстрых нейтронах. В этом типе реактора нейтроны не тормозятся и предназначаются не для деления ядра, а для превращения элемента урана-238 в плутоний-239. Такой процесс с быстрыми нейтронами поднимает массу технических проблем и требований к технике безопасности, которые до настоящего времени не полностью разрешены.

При разработке реакторов на быстрых нейтронах Советский Союз идет впереди: в 1959 году в Обнинске был запущен опытный реактор. Первая в мире опытная электростанция начала работать в 1973 году в г. Шевченко на Каспийском море и с тех пор служит для опреснения морской воды. В Советском Союзе и западных промышленных странах надеются, что к концу 80-х годов можно будет пустить в ход реакторы на быстрых нейтронах для выработки энергии. По прогнозам в 2000-м году треть всех атомных электростанций будет состоять из реакторов на быстрых нейтронах. Связанное с этим расширение атомной промышленности - предположительно в 2000-м году общая мощность атомных электростанций составит 3000 ГВт - требует повышения ответственности государств и действенного международного контроля. Ведь эти атомные электростанции будут все же вырабатывать плутоний - порядка 1000 т ежегодно. Такого количества достаточно, чтобы изготовить 150 000 атомных бомб, по силе равных хиросимской! Нельзя не считаться с опасностью того, что в капиталистическом мире появится "плутониевая иерархия", что часть этого огромного количества атомного взрывчатого вещества будет отчуждена, им смогут торговать на черном рынке и нелегально изготавливать из него атомное оружие.

Конечно, в социалистическом обществе не существует проблем такого рода. Однако нам тоже приходится сосуществовать с плутонием, ибо мы не можем отказаться от атомной энергии. Безусловно, нужно быть бдительными, учитывая "свободное обращение" с ядерным горючим, принятое в капиталистических странах. Оно может иметь тяжелые политические последствия. Уже много лет ФРГ предпочитает торговать атомным сырьем с такими государствами, как Бразилия, Южная Африка, которые не подписали договора об ограничении ядерного оружия.

С другой стороны, нельзя полностью исключить возможность того, что террористы овладеют плутонием и начнут сами мастерить бомбы. По словам одного американского специалиста, для этого нужны только плутоний и умение читать и писать. Другие считают, что сборка атомной бомбы в гараже при помощи тисков и молотка - чистая фикция. Что же является правдой? Твердо установлено, что в обычных атомных реакторах действительно образуется не плутоний "чистый для бомбы", а смесь изотопов, содержащая от 60 до 70 %

делящегося плутония-239. Этот плутоний может служить для изготовления атомных взрывчатых веществ. Испытание атомной бомбы в США показало, что "дело пойдет" и с таким плутонием из атомных реакторов, который содержит смесь изотопов. Об этом сообщил журнал "Кемикл энд инжиниринг ньюс" в сентябре 1977 года, разрушив при этом некоторые иллюзии.

Поскольку критическая масса атомного взрывчатого вещества зависит также от концентрации делящегося изотопа, она, вероятно, будет значительно выше для смеси изотопов плутония, что, безусловно, является дополнительным фактором безопасности. Для чистого плутония-239 критическая масса составляет 5,6 кг при максимальной скорости сближения докритических масс и оптимальном отражении нейтронов.

Если мафии даже удалось бы смастерить атомное взрывчатое устройство из "плутония с черного рынка", то сила взрыва его была бы намного слабее, чем для обычных бомб. Однако такой атомный взрыв все равно был бы катастрофой, вследствие возникшей радиоактивности и той паники, которую вызывает атомное оружие любого калибра.

Переработка реакторного плутония с целью выделения чистого изотопа-239 связана с колоссальными техническими издержками. Поэтому не стоит беспокоиться - потенциальные "мастеровые" не смогут "дома" получить чистый плутоний-239. Это относится также и к делящемуся плутонию-241 и америцию-242. Плутоний-241 образуется в реакторе в небольших количествах и имеет более низкую критическую массу, чем плутоний-239. Поэтому он используется в атомных взрывных устройствах меньшего размера. Правда, такое оружие является еще достаточно страшным. Вследствие малого периода полураспада плутония-241 атомные гранаты на его основе приходится каждые два года пускать в переработку и отделять образовавшийся америций-241. Этот изотоп америция не является взрывчатым веществом. Напротив, америций-242 обладает наибольшим сечением захвата нейтронов для ядерного деления. Его критическая масса составляет лишь 3,8 кг. К счастью, до сих пор не удается получить значительных количеств этого изотопа. Так что и такой вариант не доступен анархистам-кустарям.

А вот контрабанда искусственным элементом плутонием на интернациональной арене никак не является фикцией. Такое злоупотребление опаснее, чем кустарная бомба анархистов, столь часто обыгрываемая в капиталистическом мире, ибо оно непосредственно подвергает опасности мир во всем мире. Для того, чтобы обойти договор о запрещении атомного оружия, в западном мире, с одобрения высших кругов, практикуются такие методы, которые обычно описывают лишь в детективных романах.

В 1969 году грузовое судно ФРГ вышло в море из Антверпена, имея на борту 200 т урана. Этот металл требовался итальянской фирме для производства катализаторов для химической промышленности. На пути к порту назначения Генуе судно с ураном бесследно "исчезло". Много месяцев спустя оно возникло вновь в небольшом турецком порту... с другим грузом. Даже служба безопасности ЕВРАТОМа не смогла ничего разведать о судьбе урана. Лишь девять лет спустя один сотрудник ЦРУ проговорился об истинном положении дел: весь груз - 561 плотно закупоренная и запечатанная бочка - был в свое время "продан" Израилю. Этого урана им хватило бы, чтобы получить плутоний для 33-х небольших атомных бомб, ибо с 1963 года в Израиле работает реактор на тяжелой воде.

Описанное происшествие не было единственным. По официальным данным за последние годы в США столь же "таинственным" образом исчезли по меньшей мере 4 т обогащенного урана и плутония. Об этом сообщала международная пресса в начале 1978 года. Как недавно доложило британское управление по атомной энергии, на атомных электростанциях Великобритании недостает 100 кг плутония - это "нехватка" при инвентаризации, проведенной за 1971- 1977 годы.

Предыстория и будущее элемента урана

Плутоний немислим без урана. Однако в ближайшие десятилетия атомная промышленность будет и дальше обходиться имеющимися запасами урана, не создавая слишком больших резервов опасного плутония. Конечно, с большими затратами связана

необходимость каждый раз обогащать природный уран изотопом-235, содержащимся в нем лишь в количестве 0,7 %. С другой стороны, мы должны быть счастливы, что нашей планете 4,6 миллиардов лет, а не, скажем, 10 миллиардов. Тогда на Земле не осталось бы урана-235! Вероятно, деление ядра вообще не было бы открыто и никогда бы не осуществилось промышленное использование атомной энергии.

А вот два миллиарда лет тому назад, к примеру, проблема запасов урана была бы совсем не столь острой. Природный уран содержал тогда от 3 до 4 % урана-235 - такой концентрации достаточно для пуска атомного реактора без предварительного обогащения. Природа даже позволила себе шутку: в то время действительно существовал такой самопроизвольный реактор. В Окло, в республике Габон, на западном побережье Африки, где сейчас ведутся разработки мощных месторождений урана, два миллиарда лет тому назад протекала доисторическая цепная реакция и замедлителем служила природная вода. Реактор в Окло работал, по меньшей мере, 150 000 лет. Как это узнали?

Толчком для научного расследования по делу "Окло" был странный результат анализа: уран из Окло содержит 0,7171 % урана-235 вместо обычных 0,7202 %. Недостающие 0,0031 % следует приписать выгоранию урана в естественном реакторе. К такому выводу пришли только после исключения множества других источников ошибок. Значит, природа уже два миллиарда лет тому назад совершала то, чем человечество так гордится сегодня, а именно - запуском самоподдерживающейся атомной цепной реакции с ураном!

В настоящее время не остается ничего иного, как удовлетвориться имеющимся природным ураном-235. Мы должны попытаться найти другие возможности, если не хотим резко перевести атомную промышленность на плутоний. Возможной альтернативой был бы ториевый реактор, поскольку он дает делящийся уран-233. Тория на Земле достаточно. Однако пока может помочь и более полное использование имеющихся полезных ископаемых путем разработки руд с меньшим содержанием урана. Кроме того, имеется еще совершенно нетронутый запас - около четырех миллиардов тонн урана: это уран из Мирового океана.

Получать золото из морской воды - от такого безнадёжного предприятия в 1926 году отказался Фриц Габер, ввиду слишком малого его содержания. Для урана положение несколько более благоприятно, поскольку его содержится в среднем 3 мг в 1 м^[3] морской воды. Несколько проектов ждут своего оптимального экономического осуществления: некоторые микроорганизмы и водоросли могут накапливать как благородные металлы, так и уран. Штаммы водорослей, "пожирающих уран", ежедневно омываемые миллионом кубометров воды, могли бы дать около 1 т урана в день. Специалисты полагают, что для этого было бы достаточно фильтрующей клетки с поверхностью 100 м^[2].

В Японии существуют планы создания к 1985-1990 годам первой промышленной установки для получения урана из морской воды. К 1980 году должны были войти в строй две пилотные установки. Для селективного связывания урана японцы разработали синтетические ионообменники - смесь свежесажденного гидроксида алюминия, гидроксида железа и активированного угля. Для переноса гигантских количеств воды они собираются использовать прилив и отлив, то есть заставить море естественным путем проходить через ионообменник.

Такие процессы наверняка стали бы рентабельными, если одновременно можно было бы получать из моря другие ценные элементы: фосфор, ванадий, серебро и, прежде всего, золото! Золото также усваивается некоторыми микроорганизмами и водорослями. Поэтому "биологические золотые прииски" отнюдь не являются утопией. Вообще многие рудные месторождения возникали, вероятно, в результате осаждения колоний микроорганизмов или водорослей. В настоящее время науке известны искусственные ионообменники, с помощью которых можно отделить золото, рассеянное в морской воде, от следов других элементов и накопить его.

В 1974/75 годах советское исследовательское судно "Ломоносов" совершило плавание по экваториальной Атлантике с тем, чтобы определить содержание золота в воде океана и проверить экономичность получения его из морской воды. Советские ученые получили большой разброс данных о содержании золота: от 0,004 до 3,4 мг/м^[3] в среднем 0,2 мг/м^[3].

При этом они установили, что в тропических водах содержание золота значительно выше среднего. Анализы Фрица Габера подтвердились. Советские ученые пришли к тем же выводам, что и Габер за 50 лет до этого: получение золота из моря в настоящее время совершенно нерентабельно, хотя имеются морские зоны с достаточно высокой концентрацией золота.

Солнце на Земле

Большой путь проделан человечеством от алхимии до первых удачных превращений элементов и их искусственного получения. Как показывает открытие деления атомного ядра, для деятелей науки возникли теперь серьезные общественно-политические проблемы. Ученые, открывающие новые элементы, синтезирующие, идентифицирующие и превращающие их, почувствовали особую ответственность по отношению к обществу. С того времени, как были сброшены атомные бомбы на японские города Хиросиму и Нагасаки, вопрос об ответственности науки стоит особенно остро. Капиталистический мир, в принципе, оставляет ученым мало возможностей для решения этой проблемы, однако и там существовали и существуют лица, которые смело борются против злоупотребления их научными результатами. Нередко приходилось им все же вступать в конфликт со своей совестью.

К их числу принадлежит Отто Хан. Его обуревали сомнения, правильно ли он поступил, когда открыл человечеству путь к получению атомной энергии.

Хан, открывший вместе с Штрассманом деление атомного ядра, считал, что наилучшим выходом как для энергетики, так и для политики является ядерный синтез гелия из легких элементов. В таком термоядерном реакторе не образуется ни твердых радиоактивных продуктов распада, ни взрывчатого вещества плутония. В своем докладе "К истории деления урана и последствиям этого достижения", сделанном в 1958 году. Хан высказался следующим образом: "В настоящее время у нас есть водородная бомба - грозный призрак взрывчатого превращения водорода в гелий. Однако на нашем Солнце идет совсем другой процесс: саморегулирующийся синтез гелия из водорода, протекающий уже миллиарды лет, которому мы обязаны тем, что наша Земля еще обитаема и не охладилась до мертвой груды камней... Наши дети и внуки, должно быть, овладеют этим процессом; они принесут Солнце на Землю - если им разрешат до этого дожить".

Солнце на Земле - это не только научная проблема. В переносном смысле это означает победу прогресса человечества. В настоящее время осуществление управляемой термоядерной реакции - первоочередное требование, которое поставлено перед наукой и техникой. А как считали прежде?

В 1897 году Клеменс Винклер, старейшина химии, выразился по поводу этой проблемы весьма своеобразно: "Мы, обитающие на Земле, приковываем свой взгляд к сверкающим небесным светилам над нашими головами; мы следим за их движением, даже рассчитываем его с поразительной точностью, однако наше горячее желание проникнуть в суть их происхождения, в их сущность и назначение остается неутоленным. По отношению к загадкам Космоса все мы являемся вопрошающими детьми".

Для ученого это поразительно поэтические слова. Винклер считал, что можно лишь гадать о том, что происходит на Солнце, наблюдая раз в году солнечное затмение. Тогда "на несколько минут нам приоткрывается картина грандиозного движения материи, химического и механического разрушения, которое бушует на Солнце и не имеет себе равного на Земле".

Какая древняя космическая сила орудует здесь? Физики Аткинсон и Хоутерман во время своего учения в Геттингене, то есть уже в 1927/28 годах, развили знаменитую теорию возникновения солнечной энергии: жар Солнца и свечение звезд вызваны атомной энергией: она выделяется в результате превращения элементов, слияния ядер атомов самого легкого элемента - водорода - с образованием гелия. Фриц Хоутерман с удовольствием вспоминал эти годы в Геттингене и любил рассказывать следующую историю: "Я гулял с хорошенькой девушкой, а когда стемнело, появились яркие звезды, одна за другой.- Как прекрасно они сверкают!- воскликнула моя спутница. А я ударил себя кулаком в грудь и сказал: со вчерашнего дня я даже знаю, отчего они сверкают..."

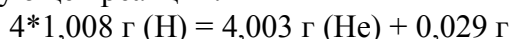
Несколько лет спустя Карл фон Вейцекер и Ганс Бете интерпретировали ядерные реакции на Солнце как круговой процесс. Начинаясь с углерода-12, этот цикл протекает далее с выделением энергии через стадию образования изотопов углерода, азота и кислорода и вновь возвращается к исходному изотопу. По балансу четыре атома водорода соединяются в гелий. Разность их атомных масс выделяется в форме энергии.

Упомянутые исследователи были не единственными и не первыми из тех, кто занимался загадкой солнечной энергии, искал решений и находил правильные ответы. Сегодня мы знаем, какие мощные усилия предпринимаются в высокоразвитых промышленных странах, чтобы осуществить на Земле процессы, протекающие на Солнце. По осторожным оценкам, термоядерные реакторы начнут работать лишь в 2000-м году. Такая оценка мало понятна, ибо в специальной литературе прошлых лет уже были сообщения о том, что проблема термоядерного синтеза разрешена или разработаны пути ее разрешения. Быть может, здесь тот же случай: давно известный процесс превращения водорода в гелий будет покоиться в забвении прошлого и надо будет воскрешать его вновь,- так же, как в свое время тайный рецепт алхимиков для получения золота?

Выдающийся химик Эмиль Фишер, скончавшийся в 1919 году, вспоминал, что еще в 1898/99 годах он вместе с физиком Фридрихом Кольраушем проводил опыты, которые имели своей целью ни больше, ни меньше, как превращение элементов друг в друга. Оба ученых уже тогда предполагали, что такого рода превращения элементов осуществляются на Солнце. Они хотели подтвердить эту гипотезу экспериментом. Фишер и Кольрауш воздействовали катодными лучами на водород при пониженном давлении и надеялись с помощью спектрального анализа обнаружить его превращение в благородный газ гелий. К сожалению, они не достигли определенного результата.

Великий физик Резерфорд также не сомневался в том, что такое превращение водорода в гелий может происходить; это можно увидеть из его обращения к British Association^[74] в сентябре 1923 года в Ливерпуле. По словам Резерфорда, источником энергии Солнца и звезд является синтез гелия из водорода. Обнаруживаемый при этом дефект массы должен выделяться в виде энергии. Хотя Резерфорд был вполне уверен в реальности такого превращения элементов, он мало верил в то, что подобный космический процесс можно будет воспроизвести на Земле. Было бы "очень сложно, даже невозможно получить гелий из водорода в лабораторных условиях".

Не прошло и трех лет, как эта проблема, казалось, была решена. Панету и Петерсу из Химического института Берлинского университета удалось провести такое превращение в лаборатории! В своих рассуждениях оба ученых исходили из энергетического баланса следующей реакции:



Дефект массы в 0,029 г, который испытывает водород при превращении в моль атомов гелия приводит к выделению энергии - около $2,7 \cdot 10^{19}$ кДж по формуле Эйнштейна. Таким образом, при синтезе 4 г (1 моль атомов) гелия из водорода выделяется столько же энергии, сколько при сгорании более 80 т высококачественного каменного угля. Поэтому оба химика сделали вывод, что вряд ли надо вообще подводить энергию для того, чтобы заставить идти эту реакцию. Атомы H должны превратиться в гелий просто с помощью катализатора, например палладия. Образовавшийся гелий можно обнаружить спектральным путем уже в количестве $10^{[-8]} - 10^{[-10]}$ мл.

Оба исследователя приступили к работе. Опыт был так продуман, чтобы гарантировать невозможность проникновения в вакуумную аппаратуру природного гелия из воздуха. Панет и Петерс получили положительные результаты, то есть обнаружили гелий. В августе 1926 года они сообщили, что найденный гелий образовался в результате воздействия палладия на водород. Было ли это разрешением вопроса, первым шагом к появлению искусственного Солнца на Земле? Сообщения в прессе спешили указать на практическую сторону открытия: неограниченная возможность получения редкого гелия могла явиться неожиданным стимулом

для воздухоплавания, ибо этот негорючий газ можно безопасно использовать для заполнения воздушных шаров и аэростатов.

Однако, куда же девалась та огромная энергия, которая выделяется при синтезе гелия? Берлинские исследователи, к своему великому сожалению, ее не обнаружили: ни теплоты, ни радиоактивного излучения. Это было их слабым местом. Профессор Панет и его сотрудники занимались этим вопросом в течение двух лет. В начале 1927 года, уже через несколько месяцев после первой публикации, они сообщили о некоторых сомнениях: асбест - основа для палладиевого катализатора - содержит, как все минералы, следы гелия. Даже стекло аппаратуры содержит гелий. В вакууме все эти следы благородного газа должны диффундировать в реакционный сосуд. К сожалению, появление гелия в их опытах следует объяснить попаданием естественной примеси. Позднее Панет с сотрудниками обнаружили даже неон, который никак не должен был образоваться при синтезе. В своей последней работе от сентября 1928 года разочарованные ученые объявили, что результаты их многочисленных опытов являются неверными: наличие неона доказывает, что в аппаратуру проникли следы воздуха.

26 марта 1951 года. Возбуждение в Буэнос-Айресе. Президент Хуан Перон собрал всю мировую прессу, чтобы объявить, что Аргентина имеет намерение стать атомной державой. Несколько недель тому назад в центре атомных исследований страны была якобы в промышленном масштабе осуществлена термоядерная реакция. Рядом с диктатором с самодовольной улыбкой на устах находился австрийский физик Рональд Рихтер, отныне государственный подданный Аргентины. Это был тот человек, который уже много лет по поручению Перона работал над проблемой ядерного синтеза и теперь обнародовал эту блестящую победу. В ответ на вопросы журналистов Рихтер гордо объявил: "Я умею вырабатывать атомную энергию без урана". На глазах у собравшихся пресс-атташе президент прикрепил ему на грудь высший знак отличия страны: медаль Перониста.

Перон решил на некоторые сообщения. На острове Хемуль в глубине страны Рихтер построил стенд для атомных испытаний. Эта область отгорожена и недоступна для общественности. Капиталовложения в предприятие Перон оценил свыше 100 миллионов долларов. Удача якобы оправдала столь большие затраты.

Сенсационное сообщение об удавшемся контролируемом термоядерном синтезе, как молния, распространилось по всему миру. Расспрашивали Манфреда фон Ардена, находившегося в ту пору в СССР, о личности этого Рональда Рихтера. Было известно, что во время войны в институте Ардена в Берлине работал физик с той же фамилией. Был ли это тот же Рихтер? Предположение подтвердилось. Мнение Ардена о Рихтере как о научном работнике было не слишком высоким: он охарактеризовал его как фантазера.

Вскоре выяснилось, что диктатор Перон попался на удочку шарлатана, которому, хотя и удалось "атомизировать" 100 миллионов долларов, но было не под силу получить атомную энергию путем термоядерного процесса. Надувательство было обнаружено комитетом по расследованию, созданным аргентинским парламентом. Вот еще один пример того, как "алхимик" смог водить за нос своего повелителя. Рихтер, в течение многих лет обласканный как авторитетный атомщик, осыпанный деньгами и почестями, обладатель многих вилл и бронированной машины, подаренной президентом, впал в немилость.

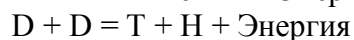
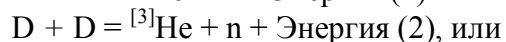
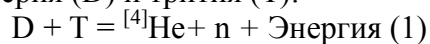
Глава государства ненадолго пережил на своем посту бывшего фаворита. В сентябре 1955 года участь Перона была решена произошедшим военным переворотом. Предполагают, что одной из причин падения аргентинского диктатора была афера его "придворного алхимика". Во всяком случае "алхимика" милостью Перона можно заслуженно поставить в один ряд с его коллегами типа Зейлера, Эмменса и Таузенда. Во все времена, вплоть до наших дней, они дурачили свои жертвы. Их жизнь, полная приключений, могла бы служить сюжетом для детективного романа. Мы привели лишь некоторые эпизоды из жизни этих мошенников, полное же описание их судеб ждет своей книги. Когда же она будет написана, эта книга - "Путь алхимика"?

На пути к неисчерпаемой энергии

В начале 50-х годов мир был напуган взрывом водородной бомбы. Это были первые неуправляемые термоядерные реакции, выпущенные на волю человеком. Кое-кто считал, что это прогресс на пути к контролируемому ядерному синтезу; теперь, мол, требуется лишь "обуздать" H-бомбу. Какая ошибка! Ведь бомба остается бомбой. Цель ни в коем случае не оправдывает средства. С тех пор прошло уже более четверти века. Учитывая бурное развитие науки и техники, можно сегодня с полным правом спросить себя: почему мы не продвинулись вперед с созданием искусственного Солнца на Земле? Что нужно еще сделать, чтобы разрешить, наконец, великую проблему трансмутации - превращение водорода и его изотопов в гелий?

Когда Рональд Рихтер в 1951 году пытался осуществить свой "ядерный синтез", он рассчитывал произвести фурор. Но один известный ученый сказал тогда, что господину Рихтеру надо было сделать возможными три невозможные вещи: достичь температуры в несколько десятков миллионов градусов без урановой бомбы, поддерживать эту температуру в течение нескольких секунд и, наконец, создать такое давление, которое имеется в глубине звезд. Однако никто не может достать звезду с неба, даже если он - любимец диктатора!

Перечисленные условия являются необычайно жесткими, но они действительно необходимы. Ядра атомов водорода или его изотопов должны слиться, образуя гелий. Однако они отталкивают друг друга из-за своих зарядов. Если же, несмотря на это, ядра атомов подойдут очень близко друг к другу и в конце концов соединятся, то они должны находиться в состоянии плазмы, когда имеются лишь "голые" ядра и свободные электроны. Такое особое состояние материи появляется лишь при температурах в миллионы градусов. В плазменном состоянии существует несколько возможностей превращения водорода в гелий. Теория отдает предпочтение двум реакциям, которые исходят не из обычного водорода, а из его изотопов - дейтерия (D) и трития (T):



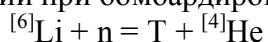
Процесс (1) протекает в дейтериево-тритиевой плазме при температурах свыше 40 миллионов градусов, в то время как реакция (2) для своего поджигания требует температуры около 300 миллионов градусов. Следовательно, все не так просто, как представляли себе в 20-х годах Панет и Петерс. Кроме того, недостаточно получить 40 или 300 миллионов градусов, нужно, чтобы при этих температурах плазма была удержана в стабильном состоянии какое-то минимальное время - около 1 с. Далее, для начала синтеза совершенно необходимо определенное число частиц. Эти условия устанавливаются так называемым критерием Лоусона: произведение времени удержания плазмы на плотность частичек для реакции D с T при рабочей температуре в 100 миллионов градусов должно иметь значение 10^{14} с/см³. Что это означает? При температуре в 100 миллионов градусов 10^{14} реакционноспособных ядер атомов на кубический сантиметр должны быть удержаны в течение, по крайней мере, одной секунды. Если это удастся, то термоядерный реактор начнет работать.

При таких высоких требованиях экспериментальные трудности неизмеримо возрастают. Само по себе проблемой является получение солнечных температур в лабораторных условиях. Правда, в настоящее время можно достичь 100 миллионов градусов, но лишь на доли секунды. Неразрешенными остаются прочие задачи: стабильное удержание плазмы при высокой плотности частиц. При температурах в несколько миллионов градусов частицы являются сверхбыстрыми. В доли секунды плазма растекается и снова охлаждается. Ни один земной материал не может существовать при этих температурах и удержать горячую плазму. В Солнечной системе это удастся лишь Солнцу в силу его большой массы и размеров: гравитация удерживает солнечную плазму в космическом вакууме. Из-за проблемы материала вопрос об удержании плазмы был заранее, казалось бы, обречен на провал. К счастью, удалось найти изящное решение: плазму можно удержать мощными магнитными полями.

Как обстоит дело с сырьем для будущих термоядерных реакторов? Этот вопрос следует поставить с самого начала. Дейтерий в виде тяжелой воды находится в Мировом океане

практически в неограниченном количестве, правда при "разбавлении" 1 : 6000. Если удастся провести D,D-синтез, то не будет вообще никаких забот об исходном сырье, можно будет буквально "сжигать море": 1 л обычной воды с ее естественным содержанием дейтерия дает столько же энергии, сколько 300 л бензина. 1 г чистого дейтерия выделяет при синтезе 30 000 кВт энергии.

Несмотря на эти заманчивые цифры, полагают, что термоядерный D,D-реактор будет иметь шанс на осуществление лишь в далеком будущем. Непреодолимым препятствием является ныне температура плазмы в 300 миллионов градусов. А вот эксперименты по термоядерному синтезу с дейтерием и тритием могут быть проведены при более "доступных" температурах. Поэтому все усилия концентрируются исключительно на последнем способе синтеза. Однако трития, наиболее тяжелого изотопа водорода, в природе практически нет. Его можно получить только искусственно в атомном реакторе, а в будущем, быть может, в термоядерном реакторе. Исходным веществом является изотоп лития ${}^6\text{Li}$, который содержится в природном литии, к сожалению, только в количестве 7,4 %. Он превращается в тритий при бомбардировке нейтронами:



На практике в качестве горючего намереваются использовать дейтерид лития (LiD), причем в термоядерном реакторе параллельно будут протекать синтез трития и термоядерный синтез. Но хватит ли лития на Земле? Ответом является условное "да". Природные запасы для атомных и термоядерных реакторов - уран, торий или литий - встречаются приблизительно в одинаковых количествах. В то же время тритий вызывает осложнения, поскольку этот радиоактивный газ легко диффундирует и может проникнуть из реактора во внешнюю среду. Кроме того, радиоактивность может возникать в самих термоядерных реакторах: их металлические части, которые приходится время от времени сменять, становятся радиоактивными за счет нейтронов, выделяющихся при синтезе.

Первоначальное воодушевление в вопросе исследования термоядерного синтеза, которое охватило ученых со времени Женевской конференции 1955 года, вскоре сменилось некоторым спадом. Правда, через год И. В. Курчатов в английском центре атомных исследований, в Харуэлле, доложил о новых советских экспериментах с дейтериевой плазмой с температурой в миллион градусов. Однако быстрых успехов не достигли ни в СССР, ни в Великобритании, ни в США. Американцы в шутку назвали свою установку ядерного синтеза 1957 года perhapsotron. В вольном переводе это означает: "установка, работающая по принципу: то ли будет, то ли нет".

На конференции по физике плазмы и контролируемому термоядерному синтезу в сентябре 1961 года в Инсбруке один из ведущих специалистов, советский физик Л. А. Арцимович, обратился ко всем участникам с сердечной речью. Наше первоначальное предположение, сказал он, что двери в обетованную страну сверхвысоких температур откроются при первом сильном напоре физиков, оказалось столь же необоснованным, как надежда грешника попасть в рай, не пройдя через чистилище. Однако едва ли можно сомневаться в том, что проблема контролируемого термоядерного синтеза будет разрешена. Мы лишь не знаем, сколько еще нам придется пребывать в чистилище.

"Пребывание в чистилище", по-видимому, закончилось в 1968 году. Н. Г. Басов, один из изобретателей лазера, в руководимом им Физическом институте АН СССР в Москве испытал новый вариант и обнаружил: лазерный луч, сфокусированный на горючем из LiD, запускает реакции термоядерного синтеза. Для этого вовсе не нужны столь высокие температуры. Достаточно сжать шарики LiD ударными волнами, например мощными лазерными импульсами, направленными со всех сторон на шарик ядерного горючего. Тогда за долю секунды, которой достаточно для запуска процесса ядерного синтеза, плотность горючего многократно возрастает по сравнению с исходной величиной.

В 1969 году французские ученые успешно испытали этот метод на замороженном дейтерии. Когда они направили на дейтериевый лед узкий пучок лучей лазера мощностью в 4

ГВт, они смогли обнаружить, что около 100 атомов вступили в реакции синтеза за один "выстрел" лазера. Являлось ли это успешным началом?

В 1972 году ученые США приподняли завесу молчания над аналогичными экспериментами. Они заполняли дейтерием и тритием микробаллончики - крошечные полые стеклянные шарики, которых на 1 кг нужно 2 миллиона штук, - и с помощью лазерных импульсов вызывали в них реакции термоядерного синтеза. Военные круги США думали сначала, что таким путем, с помощью одних только лучей лазера, они смогут поджигать водородные бомбы - без урановой бомбы. Однако расчеты показали, что для этого потребовались бы лазеры в тысячи или десятки тысяч раз более мощные, чем те, которыми располагали. Уже нынешние мощные лазерные установки занимают большую площадь, каких же размеров должны быть лазеры для Н-бомб, столь привлекающие футурологов?

Пример тунгусского метеорита показывает, что поджиг термоядерной бомбы может произойти и "совершенно естественным путем". 30 июня 1908 года в сибирской тайге, в районе Подкаменной Тунгуски, произошла "катастрофа века". Слепящий огненный шар со свистом опустился на Землю и взорвался со страшной силой. Даже на расстоянии 300 км из окон повывлетали стекла. В Иркутске, Ташкенте, Потсдаме и в ряде других мест зарегистрированы были сейсмические волны, которые несколько раз обошли земной шар. В течение недели в Европе стояли "белые ночи", явившиеся следствием взрыва. В Петербурге и Лондоне прохожие ночью на улице читали газету. Что произошло? Наткнулся ли на Землю большой метеорит? Когда, годы спустя, проникли к месту взрыва, оказалось, что лес в окружности 40 км уничтожен, а вокруг - следы больших разрушений. Поразительно, что до сего времени так и не нашли ни малейших остатков метеорита!

С тех пор в ходу было много объяснений, часто фантастических: это был гигантский снежный шар из Космоса, разрушенный космический корабль, гигантская стая мошек или же обломок антиматерии из другой Галактики, который полностью превратился в излучение при столкновении с "нашей" материей. Некоторые поговаривали об атомном взрыве.

В Аризоне спилили 300-летнюю сосну Дугласа и исследовали ее годовые кольца на содержание радиоактивного углерода, который образуется при ядерном взрыве и распространяется по всему миру. Действительно, в кольце, соответствующем 1909 году, обнаружили повышенное содержание углерода-14. Специалисты рассчитали - взрывная сила должна была составить 40 Мт, что соответствует большой Н-бомбе. Идея о термоядерном взрыве долгое время будоражила умы, пока не возник вопрос - кто же, собственно, мог сбросить "бомбу", к тому же еще в 1908 году! Внеземная цивилизация?

К возможным объяснениям добавим еще одно: да, это был термоядерный взрыв. Огромный снежный шар из Космоса при столкновении с земной атмосферой разогрелся настолько, что был достигнут критерий Лоусона. Ядра водорода и дейтерия сначала мирно слились с образованием трития, гелия, лития. При дальнейшем повышении плотности смеси из-за продолжающегося сжатия синтез вдруг приобрел характер взрыва. Космическая водородная "бомба" взорвалась - совершенно естественным путем.

Вернемся все же к исходному вопросу. Термоядерный синтез с помощью лазеров таит в себе много проблем. Профессор Н. Г. Басов, однако, смотрит на это оптимистически - с тех пор, как в его институте в Москве функционирует установка лазерного синтеза "Дельфин". В ней советские ученые собираются с помощью лазерных молний довести твердый водород до такой плотности, что он за доли секунды станет в пять раз более плотным, чем тяжелейший из природных элементов - уран. Несмотря на несомненные экспериментальные успехи, еще далеко до создания электростанции на основе лазерного синтеза. Если бы принцип оправдал себя, все равно для термоядерного реактора, вырабатывающего энергию, потребовались бы "баллончики" другого размера: диаметром в несколько сантиметров, вместо 0,1 мм. Чтобы поджечь такие шары горючего недостаточно мощности нынешних лазеров. Это удивительно: ведь современные лазеры, выделяющие энергию в 4-5 кДж в виде молний за миллионные доли секунд, дают в итоге столько же энергии, сколько 200-250 крупных электростанций в 1 000 МВт каждая. В то же время для экономично работающих термоядерных реакторов

потребовались бы лазеры приблизительно в 1 000 кДж, а экспериментально до сих пор было достигнуто максимально 10,2 кДж. Мы подчеркиваем, "экономично", ибо пока во всех, даже положительных, экспериментах неизмеримо больше энергии затрачивается, чем получается. Значит, надо продолжать творческий поиск более мощных лазерных установок.

Помимо ядерного синтеза, индуцируемого лазером, перспективным является также исходный вариант - нагрев D, T-плазмы, удерживаемой магнитным полем. Советская установка типа "Токамак" в настоящее время испытана во всех странах, использующих процесс термоядерного синтеза, и признана успешным вариантом. В июне 1975 года в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова в Москве начала работать установка "Токамак 10". Для создания ее колоссального магнитного поля требуются мощности в 130 МВт. Другой агрегат, "Токамак 7", благодаря магнитным катушкам из сверхпроводников требует для обеспечения магнитного поля лишь около тысячной доли этой мощности. "Токамак 10" и его американский вариант Tokamak PLT (Princeton Large Torus^[75])*, видимо, последние образцы экспериментальных термоядерных установок. При "генеральной репетиции" с "Токамаком 10" в феврале 1976 года советские специалисты достигли устойчивой реакции ядерного синтеза с дейтерием. Температура плазмы во время процесса составила семь миллионов градусов, что дало значение критерия 1012 с/м3.

Между тем в более поздних опытах на "Токамаке 10" было достигнуто 13 миллионов градусов. При этом за полсекунды, потребовавшейся для начала реакции, установка израсходовала столько электроэнергии, сколько ее вырабатывает электростанция мощностью в 200 МВт за то же время. Мощность "Токамаков" во всем мире год за годом подходит все ближе к той интересной области на диаграмме Лоусона, которая обещает осуществить "Солнце на Земле". В августе 1978 года в мировой прессе появились сообщения, что ученые из университета в Принстоне (США) достигли большого успеха: за долю секунды в Tokamak PLT удалось достичь температур Солнца - 60 миллионов градусов. Безусловно, это значительный шаг к решению проблемы. В области исследования мирного термоядерного синтеза американские ученые плодотворно сотрудничают с советскими исследователями. Докладывая об успешном эксперименте, научные работники США подчеркивали, что принцип работы плазменного реактора "Токамак" - разработка советских ученых.

Как пойдет дело дальше? В СССР сейчас конструируют "Токамак 20". Он будет опытным реактором, вырабатывающим термоядерную энергию.

Солнце и звезды служат нам "сияющим примером" реальности контролируемого ядерного синтеза. Поэтому наука стремится соорудить эти неиссякаемые источники энергии на Земле. Решающий вклад для разрешения мировой энергетической проблемы мы видим сегодня в овладении контролируемой термоядерной реакцией.

"Искусство изготовления золота" путем превращения элементов практикуется в настоящее время больше, чем когда-либо, и во многих вариантах. Конечно, "золото" приходится заменить другими понятиями, например, словом "синтетические элементы". Во многих отношениях они стали для нас драгоценнее, чем презренный металл,

Превращение элементов, осуществленное с целью синтеза новых химических элементов, привело к высвобождению энергии атома и указало несколько доступных путей для ее получения. Удавшееся превращение элементов принесло человечеству обширные познания. Теперь надо добиться того, чтобы эти знания были использованы на пользу человечества и для прогресса общества.

1 Луллий Раймонд (или Раймундо Лулл) (ок. 1235-ок. 1315) - выдающийся испанский мыслитель и естествоиспытатель. Прожил необычайную жизнь. Он родился в городке Пальма на острове Мальорка. Еще мальчиком был приближен к арагонскому двору, а позже стал королевским сановником и воспитателем будущего правителя Мальорки Иакова II. До тридцати двух лет Луллий вел жизнь повесы и дуэлянта. Но затем биография его внезапно переменилась. Он удалился от мира, поселившись на вершине горы. В это время он пишет богословско-математический трактат "Книга созерцания". Луллий поставил себе целью дать логическое доказательство истинности христианства, превратив тем самым веру в

аксиоматизированную "науку". После 1274 года Луллий начинает странствовать по Европе. В 1315 году в Тунисе, когда он проповедовал на рыночной площади Евангелие, толпа забросала его камнями. Умиравшего Луллия подобрал генуэзский купец Стефан Колумб. Легенда гласит - перед смертью Луллий предсказал купцу, что его потомок откроет Новый Свет. Прим. реценз.

В историю культуры Луллий вошел как поэт, романист, основоположник каталонского литературного языка. Ему также приписывают получение винного камня (tartar), поташа из растительной золы, некоторых эфирных масел, "белой ртути" (сулемы), мастики из белка и извести, очистку винного спирта и т.д.

2 Эдуард III (1312--1377)-английский король (с 1327 года) из династии Плантагенетов. Воспользовавшись прекращением во Франции династии Капетингов, Эдуард, будучи по материнской линии внуком французского короля Филиппа IV Красивого, предъявил претензии на французский престол и в 1337 году объявил Франции войну, которая вошла в историю под названием Столетней войны (1337-1453). Прим. реценз.

3 Один фунт равен 0,453592 кг (около 453,6 г)

4 Ганза (от средне-нижненем. Hansa - союз)- торговый союз северонемецких городов во главе с Любеком, существовавший в XIV-XVI веках (1356-1669). Прим. реценз.

5 Рудольф II (1552-1612)- император так называемой Священной Римской империи, основанной в 962 году германским королем Оттоном I в результате подчинения Северной и Средней Италии (с Римом). Впоследствии к Священной Римской империи были присоединены и славянские земли. Проводил политику жестокой католической реакции. Один из рьяных адептов алхимического искусства. Прим. реценз.

6 Одна унция равна $28,34952 \cdot 10^{-3}$ кг (около 28,35 г).

7 Август II (1670-1733)-польский король в 1697-1706 и 1709-1733 годы и курфюрст саксонский (Фридрих Август I; 1694-1733). Участвовал в Северной войне против Швеции. В 1706 году был разбит Карлом XII и отрекся от престола, после разгрома шведов Петром I под Полтавой (1709 год) вновь стал королем Польши. Прим. реценз.

8 Фридрих I (1657-1713)-первый прусский король (1701-1713). Покровительствовал наукам и искусствам. При нем был основан университет в Галле, Академия искусств и Академия наук в Берлине. Сохранилась переписка Г.-В. Лейбница с Софией Шарлоттой, второй женой Фридриха I, посвященная философским и научным вопросам. Прим. реценз.

9 Леопольд I (1640-1705) - император Священной Римской империи из династии Габсбургов, вел многочисленные войны (с турками за испанский престол и др.). Прим. реценз.

10 В те времена лиц, подделывавших золото, фальшивомонетчиков казнили на виселице, окрашенной под золото.

11 Меркурий - ртуть.

12 На лицевой стороне медали был изображен Меркурий - Гермес с крылышками на пятках и с кадуцеем (магическим жезлом, обвитым двумя змеями) в руках, что означало превращение ртути в золото.

13 Нельзя целиком согласиться с автором, что Иоганн Иоахим Бехер (1635-1682) был чужд алхимии. По характеристике М. Джуа, Бехер "проявил себя как человек честный и чуждый обману. Был скорее фантазером, чем химиком-практиком" (М. Джуа. История химии: Пер. с итал./ Под ред. проф. С. А. Погодина. М.: Мир, 1975. 478 с.; с. 96). Бехера считают одним из создателей теории флогистона. Прим. реценз.

14 Базилий Валентин - бенедиктинский монах. По мнению многих историков химии, личность легендарная. Многие работы, вышедшие под его именем, принадлежат Иоганну Тельде, опубликовавшему их в начале XVII века и утверждавшему, что нашел рукописи некоего монаха из Эрфурта, написанные в начале XVI в. Этому трудно поверить, так как в этих манускриптах описаны операции и явления, ставшие известными лишь столетием позже. Прим. реценз.

15 Его образование связано с наличием примесей серебра и золота в исходных материалах.- Прим. ред.

16 Сендивогий (Сендивогиус, Седзивой) Михаил (1566?-1646)-польский алхимик. Получил образец философского камня от Александра Сетония Космополита (XVI век), которого он вызволил из тюрьмы, куда тот был брошен за отказ выдать тайну чудодейственной лигатуры. Но секрет приготовления порошка Сетоний унес в могилу.

Получив лигатуру и рукопись от отчаявшегося Сетония, Сендивогий отправился гастролировать по Германии, обманывая доверчивых правителей, получая от них деньги, царские почести и поместья. Между тем порошка становилось все меньше, да и то, что осталось, похищает у него завистливый конкурент. Появившись вновь, спустя четверть века, на европейской алхимической сцене в Варшаве бывший "германский Гермес" являл собой печальное зрелище. "Его удел - торговля черт знает какой дрянью под видом эликсира жизни, выманивание денег на сомнительные алхимические опыты у знатных богатеев,... подделка денег." (В. Л. Рабинович. Алхимия как феномен средневековой культуры. М.: Наука, 1979, 392 с.; с. 175). Прим. реценз.

17 Академия естественных наук (Парижская академия наук) - одна из пяти академий, входящих в Институт Франции. "Отчеты Парижской академии наук" (Comptes Rendus de l'Academie des Sciences) - всемирно известный научный журнал.

18 Тенар Луи Жак (1777-1857) - французский химик, профессор Политехнической школы в Париже, Коллеж де Франс и Парижского университета. Известен своими многочисленными анализами разнообразных соединений. В 1818 году открыл перекись водорода. Прим. реценз.

19 Копп Герман (1817-1892)- немецкий химик и историк химии, профессор университетов в Гиссене и Гейдельберге. Провел обширные исследования по определению ряда физических свойств органических соединений в зависимости от их состава, например точек кипения в гомологических рядах спиртов, кислот, эфиров и т. д. Автор четырехтомного курса "История химии" (1843-1847). Прим. реценз.

20 Франц Иосиф I (1830-1916)-император Австрии и король Венгрии, из династии Габсбургов. В 1867 году преобразовал два государства в двуединую монархию-Австро-Венгрию (распалась в 1918 году после поражения в первой мировой войне и подъема национально-освободительного движения). Прим. реценз.

21 Речь идет о Максимилиане I (1832-1867)- австрийском эрцгерцоге из династии Габсбургов. В 1857-1859 годы был генерал-губернатором австрийских владений в Италии. Во время англо-франко-испанской интервенции в Мексику (так называемая Мексиканская экспедиция, 1861-1867 годы) Максимилиан был в 1864 году по указанию Наполеона III возведен на мексиканский престол. После провала экспедиции Максимилиан, пытавшийся сопротивляться мексиканским войскам, был взят в плен и в июне 1867 года расстрелян. Прим. реценз.

22 История открытия фосфора - одна из самых интересных в истории открытия химических элементов и ее стоит рассказать подробнее.

Хенниг Бранд начал с того, что уверовал, будто моча содержит первоматерию. Посему он собрал в солдатских казармах около тонны исходного вещества. Получив после ряда описанных в тексте манипуляций светящийся порошок, он, естественно, принял его за то, что искал, то есть за первичную материю. Дело стало за малым - получить из чудесной светящейся пыли золото. Но это-то и не удалось сделать Бранду. По словам В. Л. Рабиновича "мифическое сознание наталкивалось на внемифическую реальность. Иллюзия рушилась, зато обретала иную - научно-коммерческую жизнь, в некотором смысле тоже мифическую" (Алхимия как феномен средневековой культуры. М.: Наука, 1979, с. 172).

Эта вторая жизнь "светящегося" началась с того, что два приятеля, И. Кункель фон Левенштейн и Д. Крафт, прослышав об открытии Бранда, решили купить у него секрет приготовления фосфора. Случилось так, что Крафт обманул Кункеля, купив секрет у Бранда и организовав собственное, весьма доходное, дело.

Как-то во время показа фосфора при дворе ганноверского государя на сеанс зашел Г. В. Лейбниц. Пораженный тем, что он увидел, Лейбниц также покупает у Бранда его секрет.

Вслед за Лейбницем о приготовлении фосфора узнает некогда одураченный Крафтом Кункель и тоже начинает торговать светящимся порошком, а один из его друзей публикует трактат: "Постоянный ночной светильник, иногда сверкающий, который долго искали и наконец нашли".

В сентябре 1677 года Крафт посещает Р. Бойля и у него дома, в присутствии нескольких членов Королевского общества, показывает свечение фосфора. Бойль разгадал тайну получения препарата, в чем ему помог его ассистент А. Г. Хэнквиц. Бойль пишет статью, озаглавленную "Способ приготовления фосфора из человеческой мочи" (датирована 14 октября 1680 года), и в запечатанном конверте передает ее в Королевское общество с припиской "... не вскрывать без согласия автора". (Статья была напечатана только после смерти Бойля - в 1693 году). Но в 1680 и 1682 годах Бойль опубликовал два трактата, посвященных фосфору.

Хэнквиц между тем поставил торговлю фосфором "в виде изящных белых сигарообразных палочек" на широкую ногу.

А что стало с остальными героями этой истории? И Бранд, и Крафт, и Кункель желали большего, чем необычайное свечение.- им надо было золото. Но золото получить не удавалось. Кункель оставил эту затею. Бранд по протекции Лейбница устроился при дворе ганноверского государя, а обманщик Крафт разорился. Прим. реценз.

23 Парацельс, подлинное имя Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм (1493-1541)- немецкий врач и химик. Создал новое медицинское учение, опиравшееся на наблюдения врачей, аптекарей, алхимиков разных стран. Большое значение Гогенгейм придавал роли химии в медицине. Согласно основанному им учению- иатрохимии (от греч. "иатрос"- врач),- главная причина болезней состоит в нарушении химических процессов в организме. "Не надо говорить: алхимия, делай золото и серебро,- писал Парацельс,- следует сказать: делай агсана (лат. *agana medicamentia* - тайные средства) и тем излечивай от болезней". Псевдоним Paracelsus означает "превосходящий Цельса" (Авл Корнелий Цельс, ок. 25 года до н.э.-ок. 50 года н. э., древнеримский врач). Прим. реценз.

24 "Малый физический свод" (лат.).

25 Указанная работа И. Юнгиуса (1587-1657), выдающегося немецкого логика, математика, медика и химика, действительно была написана около 1630 года, но издана только после смерти автора, в 1662 году. Прим. реценз.

26 "Химик-скептик" (англ.).

27 "Химик-скептик" Р. Бойля (1627-1691) написан в форме диалога. Один из его участников (Элевтериус) в ходе беседы обращается к другому (Карнеаду, представляющему взгляды Бойля) с такими словами: "... После того, как Вы столь непринужденно изложили свои сомнения в том, существует ли какое-либо определенное число элементов, не обратитесь ли Вы к вопросу о том, существуют ли элементы вообще". На что Карнеад отвечает: "Не будет абсурдным сомневаться в этом, ибо надо еще доказать, столь ли уж необходимо допускать существование каких-либо элементов или гипостатированных начал вообще". И далее, чтобы быть правильно понятым, Бойль-Карнеад формулирует традиционное для своего времени понимание элемента, приведенное в основном тексте. Но корпускулярное учение самого Бойля не оставляло места для химических элементов. (Подробнее см. Всеобщая история химии. Становление химии как науки. М.: Наука, 1983, гл. 1). Прим. реценз.

28 Следует заметить, что хотя концепция флогистона была сформулирована Шталем в 1697 году, более или менее широкое распространение она получила лишь в 1750 годах и, кстати, неоднократно видоизменялась разными авторами. Поэтому "период флогистонной химии" в действительности продолжался сравнительно недолго - около 30 лет. Прим. реценз.

29 Открытие кислорода, тесно связанное с формированием правильного понимания процессов горения и кальцинации заняло у Лавуазье определенное время - с 1771 по 1774 год. Прим. реценз.

30 М.В. Ломоносов в 1741 году выдвинул корпускулярную теорию. В сочинении "Элементы математической химии" он писал: "Корпускулы однородны, если состоят из

одинакового числа одних и тех же элементов, соединенных одинаковым образом: корпускулы разнородны, когда элементы их различны и соединены различным образом и в различном числе; от этого зависит бесконечное разнообразие тел". Под "элементом" М. В. Ломоносов разумел атом, под корпускулой - молекулу. Здесь заключены и идея простого и сложного вещества, и понятие изомерии, и возможность образования молекул из одинаковых атомов (которая отрицалась даже 100 лет спустя такими видными химиками, как, например, Берцелиус). Ломоносов первым ввел в опыт весы. Благодаря этому ему удалось в 1756 году экспериментально опровергнуть флогистонную теорию. Опыты накаливания металлов в "запаянных накрепко стеклянных сосудах" показали, что "без пропускания внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере". Этим намечались также основы новой трактовки процессов окисления. - Прим. ред.

31 "Начальный курс химии" (франц.).

32 С понятием об элементе Лавуазье связывал "представление о последнем пределе, достигаемом анализом", оговаривая, что тогда "все вещества, которые мы еще не смогли никаким образом разложить, будут для нас элементами". Поэтому многие вещества, которые к концу XVIII века еще не удалось разложить, Лавуазье условно относил к элементам. Прим. реценз.

33 По свидетельству самого Д. Дальтона и в соответствии с записями в его лабораторном журнале закон кратных отношений был им открыт в 1803 году. Дальтон Джон (1766-1844)- выдающийся английский ученый, создатель химической атомистики. Впервые указал путь определения относительных атомных весов и установил взаимосвязь между теоретическими представлениями об атомах и элементах и опытными данными по составу химических соединений. Кроме того, Дальтон с ранней молодости и до последнего дня жизни проводил метеорологические наблюдения. Именно в процессе изучения состава атмосферы и составляющих ее газов Дальтон пришел к атомной теории.

В 1792 году Дальтон открыл дефект зрения, называемый ныне дальтонизмом. Прим. реценз.

34 Берцелиус Йене Якоб (1779-1848)- выдающийся шведский химик, с именем которого связано утверждение атомистической теории в химии, создание электрохимической концепции химического сродства и другие открытия. Им были выполнены химические анализы многих соединений и усовершенствованы аналитические методы. Прим. реценз.

35 Спектральный анализ был открыт немецкими учеными Р. В. Бунзеном (1811- 1899) и Г. Р. Кирхгофом (1824-1887) в 1860 году. Прим. реценз.

36 Автор несколько односторонне оценивает задачи Конгресса и его роль в развитии химии. К концу 1850-х годов путаница и неразбериха, связанная с употреблением различных систем атомных весов и химических формул, а также со смешением понятий атом, молекула, простое вещество и элемент, достигла своего апогея. Именно с целью упорядочения и систематизации основ химической науки и был созван Конгресс. Прим. реценз.

37 Прежде всего отметим некоторое противоречие в тексте Гофмана: сначала он утверждает, что Д. И. Менделееву и Л. Мейеру удалось открыть периодический закон в 1869 году, а затем пишет о том, что работа Мейера появилась в 1870 году, тогда как Менделеев сообщил о своем открытии в марте 1869 года.

Так как вопрос о приоритете в истории открытия периодического закона имеет долгую историю, на нем следует остановиться особо. Сначала обратимся к фактологической стороне дела.

Дата открытия периодического закона Менделеевым известна с точностью до дня -17 февраля (1 марта) 1869 года. Через несколько дней таблица, которую он назвал "Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве", была напечатана на русском и французском языках и разослана Менделеевым русским и зарубежным ученым. Кроме того, Менделеев поместил таблицу на контртитule первого выпуска "Основ химии" (СПб, 1869) и упомянул о ней в предисловии к нему (предисловие датировано мартом 1869 года). 6(18) марта 1869 года Н.А.Меншуткин от имени Менделеева сделал сообщение о

соотношении свойств с атомным весом элементов, где содержались практически все основные положения, составляющие суть периодического закона. Это сообщение было опубликовано в мае 1869 года в журнале Русского химического общества (1869, т. 1, вып. 2-3, с. 60-77). Следующее публичное сообщение об открытии закона сделано уже самим Менделеевым в августе 1869 года на втором Съезде русских естествоиспытателей и врачей в Москве. В этом сообщении Менделеев углубляет понимание закона, показывая, что атомные объемы простых тел являются периодической функцией от атомных весов.

Далее, 15 октября 1869 года на заседании Русского химического общества Менделеев сделал сообщение "О количестве кислорода в соляных окислах и об атомности элементов", где показал, что высшая валентность элемента в солеобразующем оксиде есть периодическая функция атомного веса.

В. Ю. Рихтер для журнала Немецкого химического общества написал большой реферат, в котором сообщил о периодическом законе Менделеева, а также о том, что Менделеев предсказал ряд неизвестных элементов, исправил атомный вес урана на 240 (вместо 120), тория-на 232 (вместо 116), церия-на 138 (вместо 98), индия- на 113 (вместо 75,6). Этот реферат появился в декабре 1870 года (Berichte, 1870, Bd. III, S. 990-992). Кроме того, еще в 1869 году в немецком журнале Zeitschrift für Chemie (Bd. V. S. 405-406) напечатан реферат статьи Д. И. Менделеева "Соотношение свойств с атомным весом элементов".

Теперь о Л. Мейере. В 1864 году он опубликовал книгу "Современные теории химии и их значение для химической статики" (русский перевод: Л. Мейер. Основания теоретической химии. СПб. 1894), где была приведена таблица элементов. Эта таблица, во-первых, содержала лишь 44 элемента из 63 тогда известных, во-вторых, элементы будущих дополнительных подгрупп стояли в ней обособленно от остальных и, в-третьих, автором не было сделано никаких обобщений, касающихся закономерной связи элементов. В 1870 году появилась статья Мейера "Природа химических элементов как функция их атомных весов" (Annalen der Chemie und Pharmacie, 1870, VII Supplementband Drittes Heft. S. 354-364; статья поступила в редакцию 17 марта 1870 года). В этой статье содержалась таблица, которая, по словам самого Мейера, "в существенных чертах тождественна таблице, данной г. Менделеевым". К сказанному уместно добавить и другие слова Мейера по поводу приоритета в открытии закона: "В 1869 году, раньше, чем я высказал свои мысли о периодичности свойств элементов, появился реферат статьи Менделеева, в которой написано, что: 1) при расположении элементов в порядке восходящих атомных весов наблюдается ступенчатое (у Менделеева - периодическое - И. Д) изменение свойств элементов, 2) величина атомных весов определяет свойства элементов: 3) атомные веса некоторых элементов требуют исправления: 4) должны существовать некоторые еще не открытые элементы... Это все было Менделеевым опубликовано до меня и вообще впервые. Я открыто признаю, что у меня не хватило смелости для таких дальновидных предположений, какие с уверенностью высказал Менделеев" (цит. по кн.: В. И. Семишин. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. М.: Наука, 1972, с. 40).

Если же говорить о сути дела, то выводы Мейера не идут ни в какое сравнение с мыслями Менделеева, и не только потому, что последний сделал замечательные предсказания, но и потому, что открытие периодического закона означало пересмотр и углубление всей системы химических понятий (атома, элемента, простого тела, валентности, формы соединения и т.д.), а по глубине и силе обобщения известных многочисленных фактов вообще не имело себе равных в истории химии. Вот почему нельзя говорить об одновременном и независимом открытии периодического закона, периодической системы и по давности о создании учения о периодичности Менделеевым и Мейером. Прим. реценз.

38 Вопрос о верхней границе периодической системы элементов во времена Менделеева (как и сейчас) оставался открытым.

39 Менделеев Д. И. Основы химии, 8-е изд. СПб, 1906, с. 323.- Прим. ред.

40 Нильсон работал с соединениями скандия. Впервые металлический Sc получен и исследован в 1937 году. Прим. реценз.

41 Менделеев не только предсказал свойства экасилиция и его соединений, но и сам пытался экспериментально открыть этот элемент в титановых и ниобиевых рудах. Однако его попытки не имели успеха. Прим. реценз.

42 Плотность диоксида германия, предсказанная Д. И. Менделеевым, составляла 4,7 г/см³. На опыте Винклер получил 4,70. Предсказанная Менделеевым плотность тетрахлорида 1,9. В эксперименте GeCl₄ показал плотность 1,887.-Прим. ред.

43 В действительности эта история выглядела не столь гладко, как описано автором. После открытия германия Винклер предположил, что новый элемент является аналогом сурьмы и должен в периодической системе занять место между сурьмой и висмутом. Менделеев с этим не согласился и высказал иное предположение: германий - это экакадмий.

Впервые отождествил германий с экасилицием В. Ю. Рихтер, который убедил в этом Менделеева и Винклера.

Дело поначалу осложнялось тем, что Винклер в первых сообщениях об открытии германия не указал его атомного веса. В письме к Менделееву от 5 марта (н. ст.) 1886 года он писал: "До сих пор мне еще не удалось установить атомный и удельный вес нового вещества и потому вопрос о том, какое место занимает оно в периодической системе, должен оставаться открытым...". Только к маю 1886 года Винклер выделил достаточное количество Ge и определил его атомный вес (72,75). С историей открытия галлия, скандия и германия читатель может подробно ознакомиться по следующим работам: Р. Б. Добротин, А. А. Макареня. Прогнозирование свойств скандия и германия в работах Д. И. Менделеева.- В кн.: Прогнозирование в учении о периодичности. М.: Наука, 1976, с. 53-70; И. С. Дмитриев. Теоретические исследования П. Э. Лекока де Буабодрана по классификации химических элементов и систематике спектров.- В кн.: Учение о периодичности. История и современность. М.: Наука, 1981, с. 19-36. Прим. реценз.

44 Автор приводит весьма распространенную легенду об истории открытия гелия, ничего общего с действительностью не имеющую.

Когда затмение уже кончилось, Ж. Жансену удалось наблюдать солнечные протуберанцы. Аналогичные наблюдения в Англии выполнил Н. Локьер. 26 (а не 25, как в тексте) октября 1868 года оба письма, Жансена и Локьера, в которых ни о каких новых спектральных линиях не говорилось ни слова, были зачитаны на заседании Академии. Памятная медаль была выбита в честь наблюдения солнечных протуберанцев во внезатменное время.

И только в процессе изучения протуберанцев удалось обнаружить знаменитую яркую желтую линию (А. Секки, январь 1869 года). Гипотеза о том, что эта линия принадлежит неизвестному элементу, высказана Н. Локьером в апреле 1871 года.

Детально и по первоисточникам эта история изложена в книге: С. В. Альтшулер, А. Н. Кривомазов, В. П. Мельников и др. Открытие химических элементов: Специфика и методы открытия. М.: Просвещение, 1980. с. 49-59. Прим. реценз.

45 Это не совсем точно. 19 марта 1900 года Д. И. Менделеев и В. Рамзай, встретившись в Берлине, пришли к выводу, что аргон и его аналоги следует поместить в особую нулевую группу, предшествующую первой (Менделеев Д. И. Основы химии, 8-е изд. СПб, 1906, с. 493). В том же году А. Эррера (в Бельгии) четко сформулировал идею о нулевой группе в периодической системе (Eggers A.- C. R. Acad. roy. Belg, 1900, p. 160) - Прим. ред.

46 "Пожалуй, впервые сознательно применил периодическую систему к открытию новых элементов Рамзай, который "по примеру нашего учителя Менделеева" предсказал существование и атомные массы неона, криптона и ксенона". {Кедров Б. М., Трифонов Д. Н. Закон периодичности и химические элементы. М.: Наука, 1969, с. 76).- Прим. ред.

47 Этери [англ. ether] - эфир.

48 Теософия [от греч. theos - бог и sophia - мудрость] - религиозная доктрина, проповедующая слияние с богом. Теософ - ясновидец.

49 Пробирной палате (англ.).

50 Лучи Беккереля (франц.)

- 51 Урановые лучи (франц.)
- 52 Урановая смолка, или урановая смоляная руда,- один из видов минералов.- Прим. ред.
- 53 Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм.- Полн. собр. соч., т. 18, с. 298.
- 54 "Интерпретация радия" (англ.).
- 55 "О строении атомов и молекул" (англ.).
- 56 Такая характеристика открытия периодического закона, восходящая к В. Оствальду, является весьма поверхностной (см. ранее). Прим. реценз.
- 57 В скобках указано их содержание в природном свинце в процентах по массе.- Прим. ред.
- 58 Из этого ничего не получилось бы. Не ускоренная альфа-частица не сможет войти в ядро с большим зарядом.- Прим. ред.
- 59 Это можно сделать не распадом, а объединением, если говорить об "обратимости ряда".- Прим. ред.
- 60 В этой интересной истории автор несколько идеализирует личность Ф. Габера (1868-1934).
- В 1911 году Габер занял пост директора Института физической химии и электрохимии при Обществе кайзера Вильгельма в Берлине. Все работы института были поставлены на службу империалистической военной политики Германии. И Габер поставил свой талант на службу этой политике, а конкретно - на службу прусско-германского генералитета, хорошо понимавшего роль химии в готовившейся войне. Габер был одним из инициаторов применения химического оружия. В 1916 году он становится консультантом по техническим вопросам в химическом отделе военного министерства.
- Многие из его прежних друзей, как, например, М. Борн (крупнейший физик XX века и соавтор Габера по разработке известного термодинамического цикла), отвернулись от него.
- Имя Габера было внесено в список военных преступников, подлежащих выдаче. Спустя год после смерти Габера Общество кайзера Вильгельма решило организовать заседание, посвященное его памяти. В ответ на это Союз немецких химиков опубликовал воззвание, призывающее игнорировать это заседание. (Подробнее см.: Биографии великих химиков/Под ред. К.Хайнига. М.: Мир, 1981, с. 340-345). - Прим. реценз.
- 61 Искусственное золото (лат.)
- 62 "Химическая революция" (франц.).
- 63 Национал-социалистской партии Германии.
- 64 Вещественное доказательство (лат.)
- 65 Эти номера и пустые места были известны и до Мозли и предсказаны Д. И. Менделеевым.- Прим. ред.
- 66 "Интерпретация атома" (англ.).
- 67 На моль атома.- Прим. ред.
- 68 Деление ядра (англ.)
- 69 Порочный круг (лат.).
- 70 Деление-синтез-деление (англ.).
- 71 Л. Полинг является также лауреатом Нобелевской премии мира и лауреатом Нобелевской премии по молекулярной биологии.- Прим. ред.
- 72 Система вспомогательной ядерной мощности (англ.).
- 73 Hutch - конура (англ.).
- 74 Британской научной ассоциации (англ.).
- 75 Большой принстонский тор (англ.).