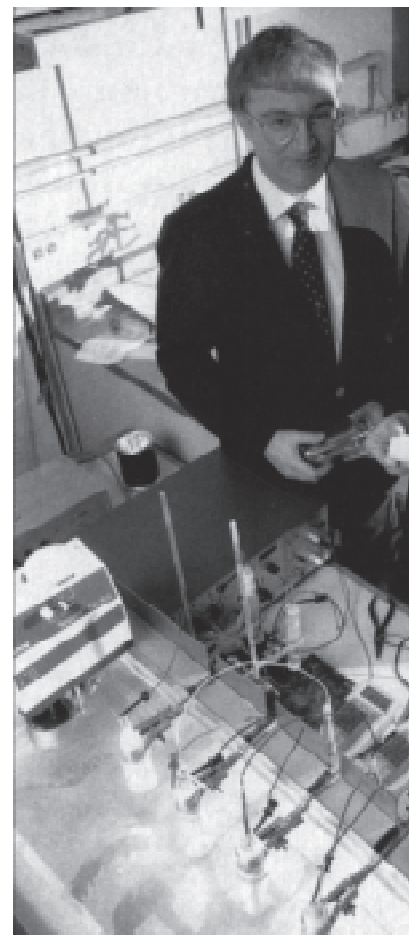


Одиссея холодного синтеза 2001



**Артур
Кларк**



В марте 1989 года на первых полосах газет всего мира появились сообщения об открытии нового источника энергии. Его авторы Мартин Флейшман и Стенли Понс из Университета штата Юта пропускали ток между палладиевыми электродами в электролитической ячейке, наполненной тяжелой водой; при этом будто бы выделялось значительное тепло, излучались нейтроны и гамма-кванты.

Уже давно известно, что некоторые металлы (палладий, титан, тантал) способны поглощать большое количество водорода или его изотопов — дейтерия и трития. Поэтому казалось не столь фантастичным, что в силу каких-то причин в насыщенной такими изотопами кристаллической решетке начинается слияние атомных ядер. Поскольку эффект наблюдали при комнатной температуре, его окрестили «холодным ядерным синтезом» — в отличие от «горячего», идущего в звездах и при взрывах водородных бомб и над мирным использованием которого физики бьются вот уже несколько десятилетий.

Для проведения термоядерных реакций создают сложнейшие установки, в которых пытаются нагреть плазму до температур в десятки миллионов градусов. Но до их промышленного использования еще очень далеко, а в холодном синтезе все совсем просто — он идет в баночке из-под майонеза. Поэтому неудивительно, что он сразу привлек к себе большое внимание.

До середины 90-х годов исследования этого феномена велись широким фронтом — ставили разные опыты, выдвигали теоретические модели (см. «Химию и жизнь», № 5, 6, 1989; № 6, 1990; № 11, 1992; № 4, 8,

1993; № 7, 1994; № 6, 1995). Но постепенно шум вокруг холодного синтеза начал стихать: убедительных и, главное, воспроизводимых результатов, доказывающих реальность эффекта и тем более возможность его практического применения, пока, к сожалению, получить не удалось.

Правда, известный американский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии Джулиус Швингер, отвечая на эту критику, заметил, что воспроизводимость можно требовать только в уже достаточно изученной, установившейся области знаний. А на первых этапах исследований нового феномена, особенно когда он включает «плохо понимаемый макроскопический контроль микроскопического механизма», низкая воспроизводимость — обычное явление. Швингер напомнил, что так было при создании первых электронных микросхем, так было и в опытах по высокотемпературной сверхпроводимости.

Все же отдельные группы энтузиастов продолжают упорно работать в этом направлении, и, возможно, последнее слово тут еще не сказано. Одним из горячих сторонников и страстных пропагандистов холодного синтеза в период его «бури и натиска» стал всемирно известный писатель-фантаст и футуролог Артур Кларк. Своими соображениями на эту тему он поделился в докладе на семинаре по логистике для высших офицеров флота разных стран, в том числе России, прошедшем в Коломбо (Шри-Ланка) в марте 1993 года.

Перевод этого доклада, опубликованного в журнале «Cold Fusion» в 1994 году, мы и предлагаем вниманию читателей.



**Стенли Понс
и Мартин Флейшман
в своей лаборатории**



РАЗМЫШЛЕНИЯ

Мне очень приятно быть здесь с вами в Коломбо, хотя на этой неделе мне бы следовало находиться в Вашингтоне, где мои друзья соберутся в загородном театре отметить 25-ю годовщину — трудно в это поверить! — выхода «Космической одиссеи 2001». Этот фильм со всей очевидностью показал, как трудно предвидеть будущее. Так, в нем упоминались авиакомпания «PAN-AM» и другие вещи, которые исчезли

значительно раньше 2001 года. Но я рад, что хотя бы отель «Хилтон», который тоже фигурировал в фильме, стоит еще на своем месте — не на орбите!

Совершенно невозможно предвидеть социальные и политические изменения в мире — кто бы мог вообразить события, произошедшие в Восточной Европе за последние несколько лет? Наблюдая за развитием науки и инженерии, мы пытаемся предсказывать грядущие технологические прорывы, но и для них конкретные сроки определять очень трудно.

Вспоминаю мою статью 1954 года о спутниках связи, которые я мыслил большими, обитаемыми космическими станциями. Я писал ее еще во время Второй мировой войны, когда работал над радарной системой. Аппаратура содержала огромное количество электронных ламп, и каждый день по меньшей мере одна из них выходила из строя. Поэтому в то время я не мог представить себе, что телевизионные ретрансляторы будут находиться на орбите без инженеров, которые заменяют перегоревшие лампы и проверяют работу приборов.

Однако транзистор и твердые микросхемы в течение нескольких по-

следующих лет совершили революцию, и вместо пилотируемых орбитальных станций эту функцию теперь выполняют спутники размером с каннистру. В общем, почти все, что я относил к возможностям конца XX века, свершилось на несколько десятилетий раньше.

Я не буду сейчас много говорить о поразительном прогрессе в сфере передачи информации, ибо все это хорошо известно. Отмечу лишь, что спутники преобразили не только связь, но также метеорологию и навигацию; они сыграли важную роль во время операции «Буря в пустыне». Особо подчеркну значение разведывательных спутников, сделавших мир более прозрачным, — в большой степени благодаря им «холодная война» не перешла в «горячую».

Теперь я хочу обратиться к совершенно другой области. Не исключено, что там происходят события, которые будут иметь даже более важные последствия, чем революция в телекоммуникациях. Но сначала я напомним вам одну старую историю.

В декабре 1903 года Орвилл и Уилбер Райты оторвались от земли Северной Каролины и совершили первый полет на аппарате тяжелее воздуха. В течение пяти лет после этого в Вашингтоне не верили, что братья Райт действительно летали, — ведь все знали, что это невозможно. Ведущие ученые писали статьи, доказывающие, что такого быть не могло. И только когда братья Райт отправились во Францию и стали делать там публичные, демонстрационные полеты, парни из военного департамента начали говорить: «Бог мой, да они в самом деле летают. Вдруг это окажется полезным в разведке. Надо взглянуть на них». И они взглянули — пять лет спустя. И вот теперь та же история повторяется с явлением, называемым (может быть, неточно) «холодным синтезом».

Вы все знаете, конечно, что Солнце излучает энергию при синтезе ядер водорода с образованием гелия. Огромные усилия направлены на то, чтобы воспроизвести этот процесс на

Земле и получить практически неисчерпаемый источник энергии. Пока единственное реальное достижение в этой области — водородная бомба. А что касается мирного использования такого процесса, то подводимая к создаваемым установкам энергия значительно превышает ту, что они вырабатывают.

Однако четыре года назад Стенли Понс и Мартин Флейшман обнаружили, что в некоторых металлах, насыщенных дейтерием, синтез идет при комнатной температуре. Они получили больше энергии, чем подводили к системе. Разумеется, это произвело мировую сенсацию, и многие лаборатории попытались воспроизвести их опыты. А когда им это не удалось, Флейшман с Понсом стали объектом насмешек.

Тем временем некоторые ученые поверили, что в этом все же что-то есть, и начали исследования, часто втайне от своего начальства. А Понс и Флейшман направились во Францию — почти как братья Райт — и теперь работают близ Ниццы в лаборатории, финансируемой японским консорциумом «Technova». (Министерство внешней торговли и промышленности Японии тоже вкладывает миллионы долларов в попытки довести новую технологию до коммерческого использования.)

Несколько лабораторий недавно объявили о положительных результатах, а перед Рождеством в продаже появился даже комплект оборудования для домашнего холодного синтеза по цене 565 000 долларов. Я не знаю, много ли удалось продать, но цена такова, что говорит об открытии, способном изменить мир.

В октябре 1992 года в Нагое (Япония) состоялась Третья международная конференция по холодному синтезу, в которой участвовали более 300 ученых. Ее успешные итоги подвел в 34-страничном отчете профессор Питер Хагелстайн из Массачусетского технологического института. Подобные отчеты, тоже подтверждающие наличие эффекта, представили Американский военно-морской науч-

ный центр, Японское военное ведомство и многие другие организации.

В общем, все это уже вышло за рамки словесных баталий об аномально высоком выделении энергии неизвестного происхождения. Однако скептики, которые с самого начала пытались устроить обструкцию новому направлению, нашли очень сильный аргумент: если бы действительно шел ядерный синтез, то экспериментаторы были бы уже мертвы! Ведь при этом должны возникать пучки нейтронов и гамма-лучей, причем в летальных для персонала дозах (эти лучи были обнаружены, но в слишком малых количествах по сравнению с выделяющимся теплом).

Да, нужно признать, что теоретическая основа холодного синтеза остается пока невыясненной, но ведь так было и при открытии радиоактивности. Как же можно охарактеризовать сложившуюся здесь ситуацию? Попробую предложить несколько вариантов ответа.

Первый: существует хорошо законспирированная организация из сотен ученых разных стран. Они либо полностью некомпетентны, либо движутся к своей цели и вскоре подорвут нефтяной и угольный бизнес.

Немного более вероятен второй: холодный синтез есть курьез — эффект теоретически интересный, но не имеющий практического значения. Откровенно говоря, я сомневаюсь в этом: ведь все по-настоящему новое рано или поздно обязательно вызывает какой-то переворот в технике. Вспомним, что энерговыделение в первых опытах по расщеплению урана было незначительным, но любой физик с развитым воображением мог представить себе, к чему оно приведет.

Даже если возможности холодного синтеза ограничены уровнем, скажем, в 100—1000 киловатт, то и тогда он будет революционен, поскольку позволит создавать дешевые и безопасные источники энергии. Они откроют путь к полностью автономным, не нуждающимся во внешнем снабжении электроэнергией домам, какие предвидел Бакминстер Фуллер. И они при-

ведут к исчезновению, хотя и не очень скорому, бензиново-газовых автомобилей — двигатели смогут, буквально выражаясь, работать на воде, правда, не обычной, а тяжелой.

Наконец, есть третий вариант: возможности холодного ядерного синтеза ничем не ограничены. В таком случае эпоха ископаемого горючего с ее выбросами CO_2 , кислыми дождями и общим загрязнением окружающей среды вскоре закончится.

Двадцать лет назад, когда страны — экспортеры нефти подняли в четыре раза цены на нее, я сказал: «Эра дешевого топлива осталась позади, эра бесплатного топлива наступит только через пятьдесят лет». Видимо, тут я был чересчур осторожен. Ясно, однако, что уголь и нефть всегда будут основным сырьем для производства разных химикатов, пластмасс, даже искусственной пищи. Нефть слишком дорога, чтобы ее сжигать, — мы лучше будем ее есть.

В 1982 году я опубликовал книгу «2010: Одиссея два», которую посвятил моему другу космонавту Алексею Леонову и академику Андрею Сахарову, отбывавшему тогда горьковскую ссылку. Я знал, что Сахаров работает над низкотемпературным ядерным синтезом (также, как и над водородной бомбой), и в романе я утверж-

дал, что в своем вынужденном одиночестве он изобретет двигатель для космического корабля, основанный на этом новом принципе.

Разумеется, такой сюжет я просто выдумал, однако три русских исследователя, которые в самом деле работали над ядерным ракетным двигателем, занялись холодным синтезом и опубликовали удивительные результаты в одном из ведущих физических журналов (А.Б.Карабут, Я.Р.Кучеров и И.Б.Савватимова, «Physics Letters A», 1992, v.170, p.265. — *Ред.*). В газовой смеси при температуре 1800 °С они наблюдали почти в пять раз большее выделение энергии, чем подавали на вход системы. Это не совсем «холодный» синтез, но, конечно, он ледяной по сравнению с десятками миллионами градусов термояда.

Все это очень интересно с точки зрения межпланетных путешествий. Если подобный двигатель будет создан, то он откроет нам Солнечную систему — примерно так, как самолет открыл нашу планету. Еще не все осознали, что стоимость энергии, которая требуется для доставки одного человека на Луну, составляет всего несколько сотен долларов (исходя из обычной цены киловатт-часа электроэнергии). А тот факт, что «билет» на

Считанные нейтроны ядерного синтеза

С. Комаров

Может показаться, что на вопрос о том, есть ли на самом деле холодный ядерный синтез, специалисты давно ответили, причем отрицательно. Это не так. Пример — заседание ученого совета Института физической химии РАН 11 ноября 1999 года, на котором кандидат химических наук Андрей Григорьевич Липсон рассказал о результатах своих экспериментов в этой области. История же была такова.

Еще в начале 80-х годов советские химики предположили, что при разруше-

нии различных дейтеридов, например дейтерида лития или полимеров, насыщенных дейтерием, в образце проходит ядерная реакция, в результате чего излучаются нейтроны. В качестве рабочей была принята гипотеза о том, что ядра дейтерия сближаются между собой на критическое расстояние из-за высокого уровня напряжений в вершине трещины. И действительно, иногда фиксировали потоки нейтронов при разрушении образцов.

К сожалению, довольно долго не удавалось провести надежный, воспроиз-

«Аполлон» стоил около двух миллиардов долларов, говорит, в частности, о низкой эффективности химического ракетного топлива.

Но давайте вернемся на Землю. Я хочу зачитать вам письмо, которое я недавно отправил вице-президенту США Альберту Гору:

«Дорогой мистер Гор, я счастлив узнать, что Вы уже ознакомились с холодным синтезом, ибо сейчас, наверное, нет ничего более важного как с экономической, так и геополитической точек зрения.

После начального периода скептицизма я вижу теперь очень много отличий солидных организаций, в которых эффект оценивают положительно. Уже нет никакого сомнения, что в ходе ранее неизвестного процесса выделяется большой избыток энергии, необязательно ядерной. И какова бы ни была ее природа — не сомневаюсь, что она будет установлена в самое ближайшее время, — вопрос огромной важности состоит в следующем: есть ли это просто любопытный, но не имеющий практического значения феномен, или же он пригоден для индустриального и даже бытового применения?

Если верно второе, то последствия даже трудно вообразить — это будет

означать конец «эры ископаемого горючего» и начало эры дешевой, чистой энергии. Выгоды для окружающей среды будут колоссальные — достаточно сказать, что разрешатся проблемы, связанные с выбросами углекислого газа и кислотными дождями. Ясно, что нужно предпринять все усилия, чтобы быстро разрешить этот вопрос, подерживая тех ученых, кто получает результаты (и, возможно, принесет разочарование тем, кто тормозит дело).

Мой друг, специалист по ядерной физике доктор Джордж Кейворт II, советник по науке в администрации президента Рейгана, заметил в письме ко мне: «Мы пытались строить мост через море, вместо того чтобы изобрести корабль». Да, возможно, холодный синтез и есть тот Ноев ковчег, в котором так остро нуждается ныне человечество!

С глубоким уважением,

Артур Кларк

P.S. Религиозные фанатики периодически предсказывают неминуемый конец света. Мне кажется, я сейчас делаю нечто похожее... Только на сей раз это хорошая новость!»

Предисловие
и перевод с английского
Л.Каховского



ИНФОРМАУКА

видимый эксперимент. И вот такой эксперимент был поставлен, но на весьма сложном объекте. Им стала гетероструктура: фольга из высококчистого палладия, с одной стороны на которую нанесли слой оксида палладия толщиной 400 Å, а с другой стороны прикрепили фольгу из золота. Этот объект обеспечивал стабильный выход нейтронов и протонов при облучении дейтерием. Как удалось выяснить во время эксперимента, дейтерий сосредотачивается в слое палладия. Золото нужно для того, чтобы дейтерий из палладия не уходил, а оксид служит вентилем, пропускающим дейтерий к палладию и не выпускающим его обратно.

Совместно с японскими исследователями был соз-

дан ускоритель, который разгонял дейтерий до энергии 2 КэВ, причем их разброс по энергиям не превышал 1%. С его помощью провели проверочные эксперименты: дейтерием облучали фольги из титана и золота, а гетероструктуру PdO-Pd-Au — водородом. Во всех трех случаях количество зафиксированных нейтронов не превышало фоновое значение. А когда гетероструктуру стали облучать дейтерием, нейтронов стало значительно больше.

За год непрерывного эксперимента был получен спектр нейтронного излучения образца, в котором удалось выделить статистически значимый пик в районе энергий 3 МэВ. Именно такой энергией должны обладать нейтроны, образующиеся при слиянии двух

ядер дейтерия в ядро гелия-3. Расчет показал, что интенсивность ядерной реакции составляет $5 \cdot 10^{-14}$ реакций между ядрами дейтерия в секунду. То есть, ядерная реакция действительно идет, но она представляет лишь фундаментальный интерес. Тепловой эффект, который служит обоснованием различных смелых проектов, при такой интенсивности пренебрежимо мал. А ведь именно желание получить больше тепла, чем затрачено энергии, и дискредитировало идею холодных ядерных реакций в твердом теле.

Как отметил присутствовавший на заседании ученого совета академик РАН Анатолий Леонидович Бучаченко, еще в 80-е годы было понятно, что такое явление, как реакция меж-

ду ядрами дейтерия в твердом теле, существует. Докладчик же привел новые экспериментальные доказательства. Однако есть много неясного и противоречивого. Все-таки непонятно, как ядра дейтерия преодолевают барьер — ведь между ними огромное кулоновское отталкивание. Вряд ли коллективные свойства решетки могут снимать этот барьер — у системы не хватает энергии. Более того, как оказалось, «мягкая» решетка палладия, в которой атомы дейтерия могут свободно перемещаться, а кристаллические поля немного усредняются, лучше, чем жесткие, напряженные, более насыщенные энергией решетки золота и титана. Флуктуации электронной плотности тоже не очень подходят для объяснения — времена их жизни на три порядка меньше, чем времена движения атомов. Возможно, надо искать какой-то механизм туннелирования, помогающий атому дейтерия просочиться под барьером. Здесь есть некий шаг вперед. Ведь Андрей Григорьевич установил, что называемый им «потенциал экранирования» в мягкой решетке палладия в 20 раз больше, чем в решетке титана. А ведь, по сути, этот потенциал и есть мера сближения ядер дейтерия. Раз они могут сдвинуться поближе, то барьер оказывается пусть высоким, но узким. Тем не менее это явление не имеет никакого отношения к холодному ядерному синтезу. Точнее говоря, это вызванный кристаллической решеткой ядерный переход.



РАЗМЫШЛЕНИЯ