

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЛОДНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Институт информационных технологий БГУИР,  
г. Минск, Республика Беларусь

Шантарович В. Д.

Тараканов А. Н. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Кратко рассмотрены физические основы и исследования по холодному ядерному синтезу и низкоэнергетическим ядерным реакциям, их современное состояние и перспективы использования.

Идея холодного ядерного синтеза (ХЯС), низкоэнергетической трансмутации химических элементов (НТХЭ) и низкоэнергетических ядерных реакций (LENR) уходит корнями в представления средневековых алхимиков о трансмутации элементов, с помощью которой можно создать философский камень, эликсир бессмертия, и т.п. В современной науке идея превращения элементов возродилась после открытия А. Беккерелем радиоактивности и последующего исследования радиоактивного превращения М. Склодовской-Кюри, Э. Резерфордом, Ф. Содди и другими учёными.

После открытия в 1919 г. протона Э. Резерфордом в опытах по искусственной радиоактивности и в 1932 г. нейтрона Дж. Чэдвиком при облучении бериллиевой мишени потоком альфа-частиц, идея Д. Д. Иваненко и В. Гайзенберга о протонно-нейтронной структуре ядра, выдвинутая ещё в 1928 г., получила всеобщее признание. Протоны и нейтроны удерживаются в ядрах силами, которые при взаимодействии различных ядер могут быть ослаблены и привести к перераспределению энергии и импульса. В результате в ядерных реакциях происходит образование других частиц, вылетающих из области взаимодействия. Эти новые частицы уносят энергию, которую можно аккумулировать и использовать в различных целях.

Первым способом получения такой энергии явилось деление тяжёлых ядер, обнаруженное в опытах Э. Ферми в 1934 г. Подавляющая часть энергии деления освобождается в форме кинетической энергии осколков деления, которые в свою очередь бомбардируют ядра, вызывая цепную ядерную реакцию. Как известно, эта энергия выделяется при взрыве атомной бомбы.

Другой реакцией, в которой выделяется большая энергия, является синтез лёгких ядер, в котором два ядра сливаются, образуя третье более тяжёлое ядро. Для реакций синтеза  $D + D \rightarrow {}^3_1H + n$  и  $D + D \rightarrow {}^3_2He + p$  энергетический выход составляет 3,25 МэВ и 4,03 МэВ, соответственно. Такой синтез может начаться, если энергии начальных ядер (порядка 0,1 МэВ) хватает для преодоления кулоновского отталкивания и сближения ядер на расстояние 5–10 фм, на котором действует сильное взаимодействие, вызывающее слияние ядер. Квантовая механика допускает такое сближение ядер за счёт туннелирования сквозь кулоновский барьер, ширина которого увеличивается с уменьшением энергии, что приводит к уменьшению «фактора Гамова», т.е. вероятности просачивания через барьер. Энергия 0,1 МэВ соответствует температуре  $10^9$  К. Следовательно, теоретически слияние ядер возможно только при очень высоких температурах исходных веществ, разогреваемых до больших температур в несколько миллионов градусов. Поэтому такая реакция называется термоядерным синтезом (ТС). Условия ТС реализуются в водородной бомбе, в которой происходит реакция слияния ядер дейтерия. Предполагается также, что ТС происходит в недрах Солнца при температуре около 15 000 000 К.

При указанных температурах вещество находится в состоянии полностью ионизированной плазмы, т.е. смеси голых ядер и электронов. Если бы можно было искусственно создать такие условия, чтобы эта плазма была самоподдерживающейся, мы имели бы возможность получения сравнительно дешёвой энергии. Идея получения управляемого термоядерного синтеза (УТС) с магнитным удержанием горячей плазмы в термоядерных реакторах была предложена А. Д. Сахаровым и И. Е. Таммом в 1958 г. Однако ещё в 1950 г. О. А. Лаврентьев в письме в адрес ЦК ВКП(б) предложил использовать УТС в промышленной энергетике. Он представил конкретную схему реактора, в которой термоизоляция высокотемпературной плазмы достигалась созданием высоковольтного электрического поля [1]. Первоначальные оптимистические ожидания перехода к процессу УТС пока так и не материализовались. Технические трудности устойчивого получения сверхгорячей плазмы и разрушающее воздействие громадного нейтронного потока, возникающего вследствие термоядерных реакций, отодвигают решение этой задачи на всё более отдалённое и неопределённое будущее.

Ещё одной альтернативой, приводящей к выделению тепла за счёт слияния двух ядер, явился ХЯС (частный случай LENR), или  $\mu$ -катализ в холодном водороде, происходящий при сравнительно низких температурах (до 1000 К). Как было сказано выше, в нормальных условиях для получения элементов путём слияния требуется большая энергия, и процессы ХЯС запрещены кулоновским барьером, препятствующим сближению ядер. Таким образом, ХЯС противоречит общепринятым квантовомеханическим представлениям.

ХЯС был предсказан Ф. Ч. Франком и независимо А. Д. Сахаровым и Я. Б. Зельдовичем ещё в 1947–1948 гг. [2]–[4], а в 1957 г.  $\mu$ -катализ в холодном водороде был открыт в ядерном центре в Беркли под руководством Л. У. Альвареса, впоследствии получившего Нобелевскую премию за 1968 г..

Тем не менее, среди учёных сложилось мнение, что такие процессы строго запрещены законами ядерной физики. Официальная академическая наука до сих пор считает невозможными превращения химических элементов в различных электроразрядных экспериментах с проволоками и фольгами, изготовленными из стабильных изотопов титана, вольфрама и других металлов. Научная общественность также отрицательно относится к трактовке результатов экспериментов с дейтерированным палладием, к

интерпретации опытов по плавлению циркония электронным пучком и т.д. Это мнение было даже узаконено решением комиссии по лженауке при Президиуме РАН в конце 90-х годов XX века, и озвучено тогдашним ее руководителем, академиком Э.П. Кругляковым. Одной из причин этого явилось то, что признание ХЯС и LENR привело бы к признанию бесперспективности УТС, а это, в свою очередь, к закрытию многих НИИ, входящих в структуры РАН и полному прекращению бюджетного финансирования работ по проблеме УТС.

Комиссия по лженауке, аналогичная российской, имеется и в США, где исследования ХЯС и LENR были объявлены лженаукой только для гражданских лиц, тогда как в лабораториях ВМС США исследования ведутся с начала 1990-х годов. Редколлегия рейтинговых научных изданий обычно объявляют результаты исследований НТХЭ и ХЯС лженаучными, или считают ошибкой эксперимента. «Крамольные» работы, как правило, не публикуют. На протяжении 80 лет фактически замалчиваются результаты нестандартных исследований, из которых следует однозначный вывод – и НТХЭ, и ХЯС, и LENR существуют.

В 1989 г. Мартин Флейшман и Стэнли Понс опубликовали результаты исследований, украденных у советского учёного Ивана Степановича Филимоненко, создателя термозмиссионных энергетических установок «тёплого ядерного синтеза» [6]. Только благодаря вмешательству и личной поддержке Курчатова и Королева в начале 60-х под руководством Филимоненко шли интенсивные разработки, проектирование и научные исследования по возможности «холодного» синтеза, если ядерные реагенты имплантированы в металлические кристаллы. Но после смерти Курчатова и Королева все работы были свёрнуты (на 30 ведущих предприятиях и организациях СССР), а Филимоненко уволен и возобновил работу лишь в конце 80-х годов.

Быстро отвергнутые большинством ученых как невозпроизводимые, эти эксперименты постепенно стали давать повторяющиеся результаты. Классическим примером стали опыты, выполняемые Микаэлом Мак-Кубре и его коллегами в Стэнфордском Международном Исследовательском Институте с 1992 г. Результаты этих экспериментов ещё раз продемонстрировали выделение тепла нехимического происхождения, при этом эффект выходит за пределы 100 экспериментальных ошибок.

Подтверждение идеи ХЯС неожиданно пришло из экспериментов на ускорителях, которые показали, что величина экранирующего потенциала примесных атомов в металлических кристаллах достигает 300 эВ и более. Это означает, что в DD реакции, происходящей в среде металлического кристалла, примесные атомы дейтерия возбуждены и имеют не круговые, а эллиптические электронные орбиты, ориентированные друг относительно друга определённым кристаллографическим образом. В этом случае ядра этих атомов могут сближаться на расстояние, существенно меньшее, чем размер атома, без кулоновского отталкивания. Это впервые было замечено профессором Брессани в 1998 году на конференции ICCF-7 на основании серии японских экспериментов на ускорителях, выполняемых начиная с 1995 года. Он довольно чётко изложил пути к объяснению холодного синтеза [7], но, к сожалению, сообщество холодного синтеза не последовало призыву Брессани.

Исследования по ХЯС и LENR находятся в русле разработок по созданию нетрадиционных источников энергии и ставят многочисленные вопросы о применимости и адекватности традиционных представлений квантовой механики и ядерной физики. Многочисленные группы энтузиастов в различных уголках земного шара продолжают проводить исследования этих феноменов. Около 20 – 30 групп работают в США, Западной Европе, России, Японии, Китае. Начиная с 1990 г. ежегодно проводятся международные конференции по ХЯС. Более 300 физиков и инженеров практически вслепую, не имея сколько-нибудь приемлемой теории ХЯС, почти 20 лет работали в Ливерморе над созданием установок ХЯС. Их усилия увенчалась созданием опытных образцов энергетических реакторов ХЯС мощностью около 1 МВт. В настоящее время в США налажен выпуск промышленных образцов генераторов на палладий-дейтериевых элементах. Они работают на Аляске, и снабжают электрической энергией базовые станции мобильной связи. ХЯС – это уже давным-давно не наука, а успешная инженерная практика. И только в России по-прежнему пресекаются любые попытки государственной поддержки научных работ в этом направлении, хотя среди имён отечественных учёных, внесших существенный вклад в исследование проблемы ХЯС, и государственных деятелей, способствовавших использованию результатов исследований на благо отечества, присутствуют такие, как А. Д. Сахаров, Я. Б. Зельдович, С. С. Герштейн, Е. И. Забабахин, Е. Н. Аврорин, Б. В. Литвинов, Н. Г. Басов, И. С. Филимоненко, И. В. Курчатов. Огромную роль в реализации оборонных и космических программ, в которых использовались «изделия», работающие на энергии ХЯС, сыграли С. П. Королев, М. В. Келдыш и Г. К. Жуков.

Рано или поздно развитие физики приведёт не только к приемлемому научному объяснению низкоэнергетических ядерных реакций, придав новый импульс научным исследованиям в области создания нетрадиционных источников энергии, но и к новому пониманию структуры мира и физических законов.

#### Список использованных источников:

1. Бондаренко Б.Д. Роль О. А. Лаврентьева в постановке вопроса и иницировании исследований по управляемому термоядерному синтезу. // УФН, 2001, 171, вып. 8, 886-894.
2. Frank F.C. Hypothetical Alternative Energy Sources for the 'Second Meson' Events. // Nature, 1947, 160, № 4068, 525-527.
3. Сахаров А.Д. Пассивные мезоны. Закрытый отчёт. // ФИАН, апр., 1948.
4. Зельдович Я.Б. Реакции, вызываемые (-мезонами в водороде. // Докл. АН СССР, 1954, 95, 493-496.
5. Царёв, В. А. Низкотемпературный ядерный синтез. // УФН, 1990, 160, вып. 11, 1-53.
6. Fleischmann M., Pons S., Hawkins M. Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. // J. Electroanal. Chem., 1989, 261, № 2, Part 1, 301-308; Errata. // ibid., 1989, 263, 187-188.
7. Bressani T. Nuclear Physics Aspects of Cold Fusion Nuclear Physics Aspects of Cold Fusion. // In: Seventh International Conference on Cold Fusion, 1998. Vancouver, Canada, ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. – P. 32.