

Холодная трансмутация ядер: странные результаты и попытки их объяснений

А.Г. Пархомов¹

Аннотация—Дан обзор основных направлений экспериментальных исследований феномена холодной трансмутаций ядер. Сделано обобщение наблюдаемых эффектов. Изложен ряд гипотез, претендующих на объяснение холодных трансмутаций.

I. ВВЕДЕНИЕ

В марте 1989 г. М. Флейшманн и С. Понс продемонстрировали устройство, которое в процессе электролиза тяжёлой воды при наличии палладиевого катода выделяло энергии в несколько раз больше подводимой и излучало нейтроны [1]. Авторы объясняли это тем, что выделяющийся на катоде дейтерий проникал в палладий, обладающий высокой способностью адсорбировать водород (дейтерий). Высокая концентрация ядер дейтерия, внедренных в кристаллическую решетку палладия, делает возможным слияние двух ядер дейтерия в ядро гелия или трития с выделением большой энергии. Обычно отсчет истории исследований холодного ядерного синтеза, или точнее, холодных трансмутаций ядер (ХТЯ), начинают с этой демонстрации, хотя результаты, указывающие на существование этого феномена, были получены раньше [2].

Долгое время считалось бесспорным, что такого рода процессы возможны лишь при очень высоких температурах (миллионы-миллиарды градусов) и поэтому получили название “термоядерные реакции” [3], с. 758-760. Это связано с тем, что необходимому для слияния ядер достаточно тесному сближению препятствуют их положительные электрические заряды. Чтобы преодолеть силы отталкивания, необходимы энергии, достижимые лишь в ускорителях или при нагреве до очень высокой температуры. Практическое освоение термоядерного синтеза могло бы решить энергетические проблемы человечества, однако, техническая реализация этого замысла оказалась чрезвычайно сложной и дорогостоящей.

Понятно, что указание на возможность ядерного синтеза при низких температурах привлекло особое внимание. Реакция научного сообщества на демонстрацию Флейшмана и Понса была весьма бурной. В научных

лабораториях различных стран были предприняты попытки воспроизвести их эксперименты. Но плохая воспроизводимость экспериментальных результатов и отсутствие вразумительного объяснения привели к тому, что значительная часть научной общественности стала относиться к работам в области “холодного синтеза” скептически или даже резко отрицательно. Некоторые энтузиасты сохранили верность этому пути, сулящему человечеству невиданные блага, и продолжили исследования, несмотря на отсутствие финансирования и поддержки со стороны государства и официальной науки. За два десятилетия ими был накоплен огромный эмпирический материал, используя который, Росси и Фокарди, наконец, удалось создать мощный реактор, в котором никель при взаимодействии с водородом превращался в медь, железо, кобальт и цинк [4], [5].

II. КРАТКО ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Ввиду многочисленности и разнообразия экспериментов в области холодных трансмутаций в рамках этой статьи можно дать лишь краткий обзор наиболее плодотворных направлений исследований. Следует отметить, что статьи по этой тематике к публикациям в академических журналах не принимаются, поэтому главными источниками информации являются интернет, материалы ежегодных Российских конференций по холодной трансмутации ядер и шаровой молнии¹ (опубликовано 18 сборников докладов) и материалы Международных конференций International Conferences on Cold Fusion (ICCF), с которыми можно ознакомиться в интернет-библиотеке ISCMNS Internet Library². Работы наиболее авторитетных исследователей холодных трансмутаций публикуются в Интернет-журнале *Journal of Condensed Matter Nuclear Science*³, а также в *Journal of Nuclear Physics*⁴.

Методика экспериментов, ставшая уже традиционной, заключается в насыщении водородом (дейтерием) веществ, обладающих способностью жадно поглощать этот газ (обычно используется палладий, титан или никель). Для этого, помимо простого выдерживания

¹<http://fireball.izmiran.ru>

²<http://www.iscmns.org/library.htm>

³<http://www.iscmns.org/CMNS/publications.htm>

⁴<http://www.journal-of-nuclear-physics.com>

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, alexparh@mail.ru

в атмосфере водорода, используется электролиз или электрический газовый разряд. Наводороженные образцы подвергаются разного рода воздействиям. При этом делаются измерения, которые могут свидетельствовать о протекании изменений на ядерном уровне. На ядерные изменения может указывать тепловыделение, превышающее возможности химических реакций, появление нейтронов, гамма и рентгеновского излучения, возникновение трития, и, наконец, изменение атомного и изотопного состава исследуемых образцов.

Иной подход используется на созданной А.В. Вачаевым установке “Энергонива”, на которой при пропускании обычной воды через особого рода электрический разряд получается комплекс элементов (железо, кремний, цинк и др.) [2], [6]. Значительные изменения атомного и изотопного состава, а также тепловые эффекты обнаружены при воздействии на жидкие или твердые металлы сильных импульсных токов или электронных пучков (С.В. Адаменко, Б.В. Болотов, М.И. Солин, Л.И. Уруцкоев) [2], [7], [8], [9], [10].

Наиболее яркие результаты получены киевскими исследователями во главе с С.В. Адаменко [8], [11]. Их экспериментальная установка “Протон-21”, по сути, является сильноточным вакуумным диодом. Мишень (обычно торец медной проволоки диаметром около полумиллиметра) является анодом. Пучок электронов от катода соосно ударяет в её поверхность, в результате чего центральная часть анода взрывается. Продукты взрыва оседают на накопительных экранах (дисках диаметром около 10 мм с отверстием в центре), изготовленных, как правило, из того же материала, что и мишень. Получающиеся при взрыве элементы стабильны. Более того, эксперименты с взрывом *радиоактивных* мишеней показывают существенное снижение их радиоактивности. Обнаружено появление сверхтяжёлых элементов с атомными массами в тысячи а.е. Ядерному перерождению подвергается около 30% исходного вещества мишени. Количество выделяющейся энергии на порядки превосходит количество энергии подводимой.

Следует отметить, что, хотя мишень в этих экспериментах на установке “Протон-21” и подвергается сильному нагреву, обнаруженные эффекты относятся к категории ХТЯ, так как энергия, вкладываемая электронным пучком в мишень $\sim 1 - 10$ эВ/нуклон, что явно недостаточно для реализации “горячего синтеза”.

В ряде экспериментов обнаружено “странное излучение”, образующее в фотоэмульсии и других детекторах необычайно толстые и длинные треки, расположенные вдоль поверхности [9], [10], [12], [13]. Это излучение вызывает даже заметную глазом деформацию пленок. Свойства этого “излучения” столь необычны, что дают основания для предположения о том, что они являются магнитными монополями.

Особого внимания заслуживают исследования, доказывающие протекание ядерных трансмутаций в биологических системах [2], [14], [15].

Накопленный богатый эмпирический материал позволяет сделать ряд обобщений.

- 1) В веществах, насыщенных водородом (дейтерием), а также в ряде веществ, не содержащих водорода, при некоторых условиях, происходит существенное изменение атомного и изотопного состава.
- 2) Во многих экспериментах зарегистрировано выделение тепла, намного превосходящее тепловыделение при химических реакциях.
- 3) В процессе ХТЯ преимущественно образуются вещества, не обладающие радиоактивностью.
- 4) В процессе ХТЯ излучаются нейтроны и электромагнитное излучение преимущественно в рентгеновском диапазоне. Однако интенсивность излучаемой радиации на несколько порядков ниже, чем при “обычных” ядерных реакциях.
- 5) Для ХТЯ характерен всплесковый характер процесса и непредсказуемые изменения интенсивности.
- 6) В процессе ХТЯ появляется “странное излучение”.

III. ПОПЫТКИ ОБЪЯСНЕНИЙ

Следует отметить, что в настоящее время для объяснения феномена ХТЯ предложено множество гипотез. В рамках этой статьи невозможно охватить все их многообразие (свидетельствующее о нерешенности проблемы). Остановимся лишь на некоторых.

Главный вопрос, на который необходимо ответить при объяснении ХТЯ: каким образом могут сливаться одноименно заряженные частицы (проблема “кулоновского барьера”). Отметим, что при расстояниях между ядрами больше 10^{-8} см отталкивания между атомами нет, так как электрические поля положительно заряженных ядер экранируются отрицательным зарядом орбитальных электронов. Но когда ядра сближаются на расстояние много меньше радиуса электронных орбит, отталкиванию ядер ничто не препятствует. Поэтому сближение до расстояний, при которых начинает проявляться действие ядерных сил притяжения (меньше 10^{-11} см), возможно лишь при энергии сталкивающихся частиц достижимой лишь в ускорителях и при температуре миллионы градусов.

A. Преодоление кулоновского барьера

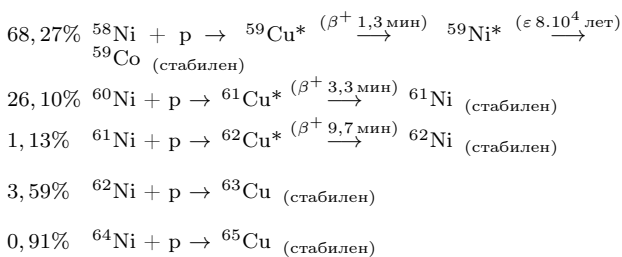
Уже давно возникла идея о том, что если в атоме электрон заменить отрицательным мюоном, частицей во всем аналогичной электрону, кроме массы, которая в 207 раз больше, возникнет система, аналогичная обычному атому, но имеющая размер порядка 10^{-11} см (мезоатом) [3], с. 403-404. Положительный заряд ядра в мезоатомах практически полностью экранируется зарядом отрицательного мюона. Поэтому такая система, обладая размерами порядка 10^{-11} см, ведёт себя в веществе, подобно нейтрону: она “свободно” проникает через электронные оболочки атомов и способна подходить на близкие расстояния к ядрам. Мезоатомы

водорода или дейтерия могут присоединить к себе ещё одно ядро и образовать молекулы $pp\mu$, $d\mu$ или $dd\mu$. Ядра в таких молекулах, находясь на малых расстояниях друг от друга, способны вступать в ядерные реакции синтеза $d + p \rightarrow {}^3\text{He} + \gamma$, $d + d \rightarrow {}^3\text{He} + n$, $d + d \rightarrow t + p$, $d + d \rightarrow {}^4\text{He} + \gamma$. После акта реакции мюон оказывается освобождённым от связи с ядром, и затем, образуя мюонные атомы и молекулы, может вызвать новую реакцию синтеза и т. д., т. е. действует как катализатор ядерных реакций. Такой механизм, предсказанный теоретиками, получил экспериментальные подтверждения.

Однако механизм мюонного катализа не может быть объяснением ХТЯ, так как способных образовывать мезоатомы “медленных” мюонов в природе очень мало, а число ядерных реакций, вызываемых мюоном за время его жизни ($2,2 \cdot 10^{-6}\text{с}$) оказывается совершенно недостаточным для заметного эффекта без искусственной подпитки мощным потоком мюонов. Поэтому возникло предположение, что феномен ХТЯ связан с тем, что экранировка электрического заряда протона (дейтрона) может осуществляться *электроном*, орбита которого находится намного ближе к ядру, чем в обычном атоме. Такой гипотетический атом получил название “гидрино” [16], [17]. С точки зрения релятивистской квантовой теории существование гидрино при некоторых допущениях возможно, но надёжных экспериментальных доказательств существования такого экзотического состояния атома водорода нет. Быть может, в условиях сильных внешних полей или в других экстремальных состояниях, с малой вероятностью и ненадолго, сжатые атомы могут образовываться, что открывает возможность для слияния ядер при низких энергиях.

Возможно, что экранировка электрических полей ядер возможна и без экзотических “сжатых” атомов. Э.Н.Цыганов указывает на то, что согласно ряду теоретических рассмотрений и экспериментальных данных, уже простого внедрения ядер водорода в кристаллическую решетку металлов достаточно для возникновения сильной экранировки, достаточной в ряде случаев для протекания ХЯС [18].

Допустим, что так или иначе протон может “пробиваться” сквозь кулоновский барьер и посмотрим, к чему это должно приводить на примере никеля, который при взаимодействии с водородом даёт наиболее мощные эффекты ХТЯ. При поглощении ядрами никеля протона протекают следующие ядерные реакции:



Указан вклад изотопа в естественную смесь, а также, если образующийся нуклид радиоактивен, тип распада и период полураспада. Каждый акт взаимодействия сопровождается образованием жёсткого гамма кванта. Кроме того, возникают позитроны, которые при аннигиляции дают гамма кванты с энергией 511 кэВ. Столь мощное гамма излучение не могло бы остаться незамеченным. К этому следует добавить, что в рассматриваемом процессе возникают радиоактивные нуклиды. Но заметной радиоактивности в отработавшем в реакторе Росси порошке никеля не было обнаружено. Поэтому вышеописанные ядерные реакции вряд ли имеют отношение к процессам, происходящим в реакторе Росси.

Возможно, что протон сливается с ядром никеля в комплексе с электроном. Ход ядерной реакции при этом аналогичен поглощению нейтрона. В этом случае тоже неизбежно возникает гамма излучение и радиоактивные изотопы.

Детальное рассмотрение ядерных реакций в никеле при взаимодействиях с протонами и нейтронами содержится в статьях [4], [19]. Этот анализ приводит к выводу о том, что реактор Росси, если бы в нём протекали рассмотренные ядерные реакции, был бы мощнейшим источником гамма излучения. Реально же радиация, излучаемая реактором Росси, ослабляется практически до уровня естественного фона защитой толщиной несколько сантиметров. Это ясно указывает на то, что для объяснения феномена ХТЯ требуются иные, более смелые подходы.

В. Эрзионный катализ

Ю.Н.Бажутов разработал модель эрзионного катализа [5], [20], [21]. Эрзионы — это пара стабильных тяжёлых мезонов (Ξ^0 , Ξ^-), существование которых следует из представления о “зеркальных” элементарных частицах и кварках. Указание на существование эрзионов получено при исследовании космических лучей. Эрзион не может быть захвачен ядрами, но с нуклонами он может образовать стабильное связанное состояние, названное Энионом. Энион может диссоциировать или в заряженную пару ($\Xi_N = \Xi^- + p$), или в нейтральную пару ($\Xi^0 + n$).

Основой эрзионной модели каталитической трансмутации ядер является предположение о существовании в веществе энионов с очень малой концентрацией ($\sim 10^{-15}$ на нуклон). Энионы имеют реликтовое происхождение или образуются из эрзионов космического излучения. Энионы могут связываться с ядрами очень малого набора химических элементов (изотопов-доноров) и долго храниться на них до освобождения за счёт столкновения или воздействия электромагнитного излучения, так как энергия такой связи невелика (1 ... 100 эВ). Эрзионы и энионы могут участвовать только в ядерных реакциях обмена (а не захвата) с сохранением “эрзионного числа”. Таким образом, энион может превратиться в эрзион (Ξ^- или Ξ^0), а эрзион

либо меняет знак заряда, либо превращается в энион. В принципе, на любом ядре возможно осуществление шести эрзион - обменных реакций ($\mathcal{E}_N \rightarrow \mathcal{E}^0, \mathcal{E}_N \rightarrow \mathcal{E}^-, \mathcal{E}^0 \rightarrow \mathcal{E}^-, \mathcal{E}^0 \rightarrow \mathcal{E}_N, \mathcal{E}^- \rightarrow \mathcal{E}^0, \mathcal{E}^- \rightarrow \mathcal{E}_N$).

Запуск ядерного катализа может обеспечиваться нагревом вещества до температуры ~ 1000 К, или иным воздействием, при котором в легчайшем изотопе-доноре протии (энергия связи $\sim 1,5$ эВ) может освободиться энион, который и запускает каталитические цепочки экзотермических эрзион - ядерных реакций. В процессе эрзионного катализа дочерние ядра накапливаются на малом (мкм) расстоянии от первичной реакции. Очень быстро достигается высокая концентрация дочерних изотопов в этом малом объеме и эффективно начинает работать 2-й этап трансмутационных цепочек, 3-й этап и так далее.

В работах Бажутова рассмотрены последовательные цепочки ядерных трансмутаций многих элементов, в частности, для всех изотопов никеля.

На 1-м этапе на 5 стабильных изотопах никеля идут следующие эрзион-каталитические ядерные реакции обмена (для образующихся радиоактивных нуклидов указан тип распада):

^{58}Ni	($\mathcal{E}^-, \mathcal{E}^0$)	$^{58}\text{Co} (\beta^+, \epsilon) + 2,0$ МэВ
^{58}Ni	($\mathcal{E}_N, \mathcal{E}^0$)	$^{59}\text{Ni} (\epsilon) + 2,95$ МэВ
^{60}Ni	($\mathcal{E}_N, \mathcal{E}^0$)	$^{61}\text{Ni} + 1,85$ МэВ
^{61}Ni	($\mathcal{E}_N, \mathcal{E}^0$)	$^{62}\text{Ni} + 4,55$ МэВ
^{61}Ni	($\mathcal{E}^-, \mathcal{E}^0$)	$^{61}\text{Co} (\beta^-) + 1,0$ МэВ
^{62}Ni	($\mathcal{E}_N, \mathcal{E}^0$)	$^{63}\text{Ni} (\beta^-) + 0,77$ МэВ
^{64}Ni	($\mathcal{E}_N, \mathcal{E}^0$)	$^{65}\text{Ni} (\beta^-) + 0,05$ МэВ

Таким образом, на первом этапе нарабатываются с учётом радиоактивного распада 9 новых дочерних радиоактивных и стабильных изотопов, ^{58}Fe , ^{58}Co , ^{59}Co , ^{61}Co , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{65}Ni , ^{63}Cu , ^{65}Cu .

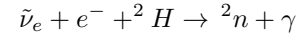
На втором этапе нарабатываются тоже 9 новых дочерних радиоактивных и стабильных изотопов: ^{57}Fe , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{62}Co , ^{66}Ni , ^{64}Cu , ^{66}Cu , ^{66}Zn . Затем 3-й этап и так далее, но в силу уменьшения накопления дочерних изотопов на каждом последующем этапе их концентрация будет всё уменьшаться, хотя процесс будет продолжаться и нарабатывается более 95 новых изотопов. Но даже за первые 2 этапа должно нарабататься 4 новых химических элемента (Fe, Co, Cu и Zn), которые и наблюдали Росси и Фокарди в своих экспериментах.

Эрзионная модель детально разработана и обладает прогностическими возможностями. Так, например, она предсказала генерацию нейтронов при превращении бериллия в гелий в атмосфере водорода, что нашло экспериментальное подтверждение [22]. Кроме того, как указано в статье [5], при эрзионном катализе может быть обеспечено отсутствие интенсивной гамма радиации и накопления радиоактивных нуклидов. Слабым

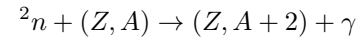
местом этой модели является *недоказанность* наличия эрзионов (энионов) в веществе.

С. Динейтрон и динейтроний

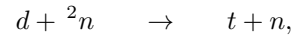
В ряде гипотез предполагается, что феномен ХТЯ связан со слабыми взаимодействиями с участием нейтрино. В частности это может происходить при посредстве динейтрона. Динейтрон может возникать из дейтерия в результате захвата орбитального электрона ядром. Этот процесс для атома дейтерия запрещен, однако он возможен при взаимодействии с антинейтрино [23], [24]:



Антинейтрино необходимо для выполнения закона сохранения лептонного заряда и может иметь любую, в том числе, очень низкую энергию. Таких нейтрино (реликтовые нейтрино, входящие в состав "темной материи") в Природе очень много: плотность их потока сопоставима с плотностью потока солнечных фотонов, а взаимодействуют они с веществом, как показывает теоретическое рассмотрение, подтвержденное комплексом экспериментов [24], [25], на много порядков эффективнее, чем нейтрино "ядерных" энергий. Возможно, динейтрон существует в форме связанного состояния с нейтрино (динейтроний). Возникающий динейтрон быстро распадается или реагирует с ближайшим ядром:

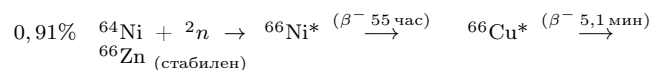
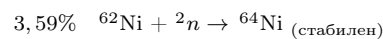
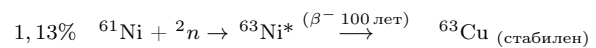
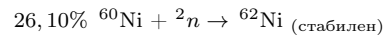
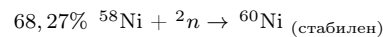


Если это ядро дейтерия, происходят реакции



Незначительность выхода нейтронов, отмечаемую многими исследователями, можно объяснить преобладанием двух последних каналов [26].

Если динейтрон взаимодействует с изотопами никеля, происходят реакции



В первом столбце указан вклад изотопа в естественную смесь. Видно, что 98% ядер никеля при взаимодействии с динейтроном сразу дают стабильные изотопы.

^{61}Ni образует радиоактивный ^{63}Ni , который распадается без гамма излучения с образованием очень мягких бета частиц, которые практически не выходят из образца. Заметить можно лишь радиацию, возникающую в цепочке распада ^{66}Ni , образующегося из ^{64}Ni , где образуются гамма кванты с энергией около 1 МэВ с вероятностью 9%. Так как ядер ^{64}Ni в естественной смеси изотопов меньше 1%, можно оценить выход гамма излучения: меньше 1 кванта на 1000 взаимодействий.

Таким образом, гипотеза о ХТЯ при посредстве динеитрона объясняет низкий уровень остаточной радиации. Кроме того, если возникновение динеитронов обусловлено действием космических нейтрино низких энергий, получает объяснение нестабильность и всплесковый характер эффектов ХТЯ ввиду большой изменчивости этих потоков. К сожалению, существование динеитрона (динейтрония) пока не имеет прямых экспериментальных доказательств.

D. Холодные трансмутации без ядерных реакций

Коренной недостаток вышеизложенных гипотез состоит в том, что их атрибутом являются ядерные реакции и радиоактивный распад, неизбежно связанные с излучением гамма квантов и нейтронов. А между тем, очень малая интенсивность жёсткой радиации при значительных изотопных изменениях и большом энерговыделении является наиболее характерным свойством феномена ХТЯ. Это обстоятельство указывает на путь поиска объяснений, не включающих в процесс обычные ядерные реакции.

Вот какое объяснение ХТЯ в никеле дает Е. Андреев [27]. В кристаллической решетке никеля водород отдает свои электроны, и остаются почти голые ядра водорода. 90-95% заряда уходит в зону проводимости металлического никеля. Структура никеля такова, что идет ориентационное упорядочение попавших туда протонов. И как только протоны выстраиваются в этой решетке соосно вдоль направления спина, понятие кулоновского барьера исчезает. В кулоновском поле есть “дырки”. Когда эти “дырки” сорентированы по оси, возникают силы притяжения. Протоны сливаются друг с другом, захватывают дополнительный электрон, и возникает ядро дейтерия. В результате цепочки реакций возникает цепная реакция слияния. Реакционно-активное ядро сливается с любым соседом. Дейтерий может превратиться в тритий. Дальнейшая реакция зависит от конструкции кристаллической решетки никеля. Если трубки длинные, протоны идут с одной и с другой стороны, сливаются и образуют цепочку, которая может закончиться на меди, на углеороде или даже на уране.

Еще более радикальную гипотезу для объяснения полученных ими удивительных результатов выдвинули С.В. Адаменко с соавторами [8]. По представлению исследователей из Киева, на их установке “Протон-21” электронный пучок запускает процесс низкотемпературного самосжатия мишени за счет формирования

тонкого сферического плазменного слоя на поверхности мишени, состоящего из вырожденного электронного газа, который затем стремится с возрастающей скоростью и увеличивающейся плотностью к центру мишени. Этот самосжимающийся слой электронной плазмы поочередно “сканирует” весь объем мишени, экранируя по очереди кулоновское поле ядер и стимулируя энергетически выгодные пикноядерные реакции. В центральной части мишени параметры плазменного слоя соответствуют ядерной плотности, что приводит к формированию в центре мишени вырожденной электрон-нуклонной плазмы. Последующий развал этого объекта приводит к формированию и вылету различных ядер и сверхтяжелых ядерных кластеров, большая часть которых оказывается стабильными. Стабильность этих объектов связана, в первую очередь, с очень большим размером (по сравнению с размерами “обычных” ядер) области электрон-нуклонной плазмы, вследствие чего процесс формирования и вылета формируемых ядер и кластеров соответствует адиабатическому режиму, при котором ядра всегда образуются в основном состоянии. Нестабильными могут быть только ядра, которые сформировались около поверхности этой области, а их доля очень мала. Детальный сценарий этого процесса описан в работах [28], [29], а полное и очень краткое изложение результатов экспериментов в [8], [11].

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Феномен ХТЯ не сводится только лишь к изменению атомного и изотопного состава и выделению тепла, многократно превышающему возможность химических процессов. С ХТЯ связан целый комплекс явлений, не имеющих очевидных объяснений на основе традиционных физических подходов. Прежде всего, обращает на себя внимание малая интенсивность жёсткого гамма и нейтронного излучений, указывающая на незначительную роль в процессе ХТЯ обычных ядерных реакций. Отсюда следует недостаточность объяснений, которые показывают возможность преодоления ядрами кулоновского барьера при низких энергиях и дальнейший ход процесса путями, изученными ядерной физикой. Складывается впечатление, что в процессе ХТЯ из нуклонов многих ядер образуется некий конгломерат, который затем распадается на ядра, обладающие максимально возможной стабильностью, т.е. не обладающие радиоактивностью. Задача гипотез, адекватных феномену ХТЯ - объяснить, как такое может происходить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Fleischmann M. and Pons S. Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, (261 (2 A)):301-308, April 1989.
- [2] Балакирев В.Ф., editor. *Взаимопреращения химических элементов*. УРО РАН, Екатеринбург, 2003. <http://www.electrosad.ru/files/LENR/ICE.pdf>.
- [3] Прохоров А.М., editor. *Физический энциклопедический словарь*. Сов. энциклопедия, Москва, 1984.

- [4] Focardi S. Rossi A. A new energy source from nuclear fusion. <http://www.journal-of-nuclear-physics.com/?m=201002>, February 2010.
- [5] Бажутов Ю.Н. Теплогенератор России и Фокарди и его теоретическая интерпретация. *Изобретательство*, 12(1):49–59, 2012.
- [6] Паньков В.А., Кузьмин Б.П. Демонстрационная методика синтеза элементов из воды в плазме электрического разряда, volume 5 of *Актуальные проблемы современной науки*. Спутник+, Москва, 2008. http://www.rulevigor.narod.ru/theme_172.html.
- [7] Солин М.И. Экспериментальные факты спонтанного зарождения конденсата солитонных зарядов с образованием продуктов ядерного синтеза в жидком цирконии. *Физическая мысль России*, 2001, N1, с. 43-58, N2, с. 40-52.
- [8] Adamenko S., Selleri F., and Merwe A., editors. *Controlled Nucleosynthesis. Breakthroughs in Experiment and Theory*, volume 156 of *Fundamental Theories of Physics*. Springer, 2007. <http://www.springer.com/physics/elementary/book/978-1-4020-5873-8>.
- [9] Уруцкоев Л.И., Ликсонов В.И., and Циноев В.Г. Экспериментальное обнаружение “странного” излучения и трансформации химических элементов. *Журнал радиоэлектроники*, (3), 2000. <http://www.electrosad.ru/files/LENR/OSi.pdf>.
- [10] Urutskoyev L.I. and Liksonov V.I. Observation of transformation of chemical elements during electric discharge. <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0101/0101089.pdf>.
- [11] Адаменко С.В. and Высоцкий В.И. Успешная реализация полномасштабного коллапса твердотельной мишени и современные проблемы энергетики. *Интеграл*, (7(27)):32–35, 2006.
- [12] Lewis E.H. Tracks of ball lightning in apparatus? *Condensed Matter Nucl. Sci.*, (2):13–32, 2009. <http://lenr-canr.org/acrobat/LewisEtracksofba.pdf>.
- [13] Pryakhin E.A., Tryapitsina G.A., Urutskoyev L.I., and Akleyev A.V. Assessment of biological effects of “strange” radiation. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, 31(4), 2006. <http://aflb.enscm.fr/AFLB-314/aflb314m514.pdf>.
- [14] Kervran C. *Transmutations Biologique et Physique Moderne*. Librairie Maloine S.A., Paris, 1982.
- [15] Высоцкий В.И. and Корнилова А.А. *Ядерный синтез и трансмутация изотопов в биологических системах*. Мир, Москва, 2003.
- [16] Mills Randell L. *The Grand Unified Theory of Classical Physics*. Blacklight Power, 2008. <http://www.blacklightpower.com/theory/bookdownload.shtml>.
- [17] Трунев А.П. Структура электрона, гидрино и холодный ядерный синтез. *Chaos and Correlation*, (November 25), 2011.
- [18] Цыганов Э.Н. Холодный ядерный синтез. *Ядерная физика*, 75(2):174–180, 2012.
- [19] Dufour J. Nuclear signatures to be expected from rossi energy amplifier, May 2010. <http://www.journal-of-nuclear-physics.com/?p=211>.
- [20] Бажутов Ю.Н., Кузнецов А.Б., and Плетников Е.В. Спектроскопия Эрзион-каталитической трансмутации ядер. Препринт 1, НИЦ ФТП “Эрзион”, ЦНИИМаш, 1993.
- [21] Collis W. The interactions of erzions with natural isotopes. *Proc. 13-th ICCF, Dagomys, June 2007, Moscow, 2008*, p. 621-627.
- [22] Бажутов Ю.Н., Корецкий В.П., and Пархомов А.Г. et al. Исследование радиационных эффектов при насыщении $LaNi_5$, никеля и бериллия водородом. *Материалы 19 Российской конференции по холодной трансмутации ядер и шаровой молнии. Криница, Краснодарский край, 3-10 сентября 2012г. (в печати)*.
- [23] Муромцев В.И. and Чельшев В.А. Способ регистрации нейтринных потоков. Патент РФ N 2145095.
- [24] Пархомов А.Г. *Космос. Земля. Человек. Новые грани науки*. Наука, Москва, 2009.
- [25] Parkhomov A.G. Influence of relic neutrinos on beta radioactivity. arXiv:1010.1591v1 [physics.gen-ph].
- [26] Ратис Ю.Л. Холодный ядерный синтез. Проблемы и модели. http://www.second-physics.ru/reviews/dineutron_review_f4.pdf.
- [27] <http://noos.com.ua/ru/post/2839>.
- [28] Adamenko S.V. and Vysotskii V.I. Mechanism of synthesis of superheavy nuclei via the process of controlled electron-nuclear collapse. *Foundations of Physics Letters*, 17(3):203–233, 2004.
- [29] Adamenko S.V. and Vysotskii V.I. Neutronization and protonization of nuclei — two possible ways of the evolution of astrophysical objects and the laboratory electron-nucleus collapse. *Foundations of Physics Letters*, 19(1):21–36, 2006.