

Новый подход к созданию LENR - реакторов

А.Г. Пархомов¹

Аннотация—Выдвинута гипотеза о генерации нейтрино-антинейтринных пар при столкновении частиц вещества при температурах несколько тысяч градусов. Особенно интенсивная генерация должна происходить в металлах и плотной плазме. Возникающие нейтрино и антинейтрино могут возбуждать экзотермические ядерные реакции в окружающем веществе. Проведен ряд экспериментов, подтвердивших предсказанное гипотезой выделение энергии в веществе около металла, разогретого до высокой температуры. Источник нейтрино-антинейтрино (горячий металл или плотная плазма) можно отделить от "топлива" - вещества, где происходят ядерные трансформации. Это открывает возможность для конструирования высокоэффективных LENR-реакторов. Испытано несколько реакторов, основанных на таком подходе. Во всех реакторах при достаточно высокой температуре металлического сердечника обнаружено выделение тепла сверх затрачиваемой электроэнергии.

Исследования в области, получившей название LENR (низкоэнергетические ядерные реакции, холодные ядерные трансмутации, холодный ядерный синтез) показали многообразие этого явления. Это и процессы в металлах с растворенным в них водородом [1], [2]. Это и процессы в плазме [3], [4], в газовом разряде [5], в электролизе [6] и даже в биологических системах [7], [8]. Помимо энерговыделения, намного превышающего возможности химических реакций, для LENR характерно большое разнообразие возникающих химических элементов. Например, после обработки воды в реакторе "Энергонива" [3] обнаружены Li, Be, B, C, Mg, Si, P, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Sn, Se, Pb, Bi. В никель-водородном LENR-реакторе, проработавшем 7 месяцев [2], обнаружены Ca, V, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ba, Sr, Yb, Hf.

Изначально содержание этих элементов в "топливе" и конструкционных материалах было ничтожно малым. Обзор по элементным и изотопным изменениям в никель-водородных LENR-реакторах содержится в статье [1]. Огромное многообразие химических элементов можно объяснить ядерными трансформациями в коллективах нуклидов, инициируемых нейтрино (антинейтрино) малых энергий [9], [10].

I. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕЙТРИНО МАЛЫХ ЭНЕРГИЙ С КОЛЛЕКТИВАМИ АТОМОВ. МНОГООБРАЗИЕ ВОЗМОЖНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

Длина волны де-Бройля $\lambda = h/p$ (h - постоянная Планка, p - импульс) характеризует размер области взаимодействия. Нейтрино (антинейтрино) с энергией порядка 1 МэВ, возникающие в ядерных реакциях, имеют $\lambda \sim 10^{-12}$ м. Расстояние между атомами в жидком или твердом веществе $\sim 10^{-10}$ м, т.е. возможность ядерных преобразований при действии таких нейтрино не выходит за пределы одного атома. При достаточно низкой энергии величина λ превышает расстояние между атомами, и взаимодействие может охватывать много атомов. Например, у нейтрино массой 0,28 эВ с кинетической энергией 0,2 эВ (средняя энергия теплового движения при температуре около 2000°C) $\lambda \sim 3,2 \cdot 10^{-6}$ м, т.е. значительно больше межатомного расстояния. Становятся возможными ядерные преобразования, при которых два или несколько атомов превращаются в два или несколько других атомов, причем в эти преобразования могут быть включены электроны. При этом должны выполняться законы сохранения барионного заряда (т.е. числа нуклонов), электрического и лептонного зарядов. Так как нейтрино при малых энергиях не может внести заметный вклад в энергетику реакции, могут происходить только преобразования с положительным энергетическим балансом. Закон сохранения импульса задает распределение продуктов реакции по скоростям и углам разлета.

Преобразования без участия электронов можно записать в виде уравнений [11]:

$$(A1, Z1) + (A2, Z2) + \nu \rightarrow (A3, Z3) + (A4, Z4) + \nu' + Q$$

$$A3 + A4 = A1 + A2, \quad Z3 + Z4 = Z1 + Z2$$

или

$$(A1, Z1) + (A2, Z2) + \bar{\nu} \rightarrow (A3, Z3) + (A4, Z4) + \bar{\nu}' + Q$$

$$A3 + A4 = A1 + A2, \quad Z3 + Z4 = Z1 + Z2$$

например,

$$\nu + {}^7\text{Li}_3 + {}^{16}\text{O}_8 \rightarrow {}^{11}\text{B}_5 + {}^{12}\text{C}_6 + \nu' + 1,504\text{МэВ.}$$

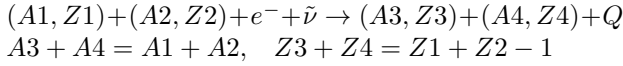
Нейтрино (антинейтрино) в левой части уравнений должно иметь достаточно низкую энергию, чтобы длина волны де-Бройля (область взаимодействия)

¹ОКЛ КИТ, Москва, alexparh@mail.ru.

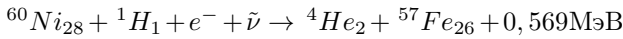
была больше расстояния между реагирующими атомами. Нейтрино (антинейтрино) в правой части приобретает значительную часть энергии Q и свободно уносит ее, снижая величину энергии, отдаваемой возникающими ядрами окружающей среде.

Для преобразований, охватывающих два ядра с участием электронов, возможны такие процессы [12]:

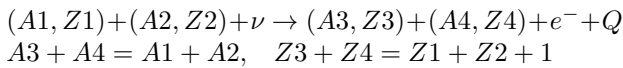
- Перегруппировка нуклонов с поглощением электронов:



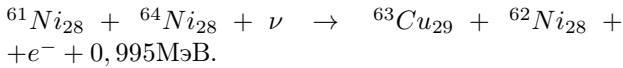
например,



- Перегруппировка нуклонов с выделением электронов:



например,



Сделан компьютерный расчет возможных преобразований двух стабильных нуклидов в два других стабильных нуклида без участия и с участием электронов [11], [12]. Поражает изобилие таких преобразований. Выявлено более миллиона вариантов. Полученные результаты можно получить у автора этой статьи в виде EXCEL – файла.

Напрашивается мысль о том, что изобилие возникающих химических элементов в LENR-процессах имеет такую же природу. Но всем известно о чрезвычайно слабой интенсивности взаимодействия нейтрино с веществом. Следовательно, для возникновения ощутимых эффектов нужны потоки нейтрино огромной величины. Откуда они могут появиться в LENR-реакторах? Из Космоса? Согласно [13], [14], плотность потока галактических нейтрино порядка $10^7 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Этого явно недостаточно для инициирования процессов киловаттной мощности, достигаемой в ряде LENR-реакторов.

Чтобы найти возможный источник интенсивных нейтринных потоков, обратим внимание на одну характерную особенность LENR-процессов: они имеют вполне ощутимый энергетический порог. Особенно отчетливо это видно на примере никель-водородных реакторов, избыточное тепловыделение в которых обнаруживается только при температурах выше 1200°C [1], [2], т.е. когда средняя энергия частиц вещества при тепловом движении превышает $0,1 \text{ эВ}$. В электроплазменных

реакторах [3], [4] температура достигает нескольких тысяч градусов (десятые доли эВ). В установках с плазмой тлеющего газового разряда [5] энергия электронов порядка 1 эВ . На первый взгляд процессы, в которых признаки LENR обнаружены при комнатной температуре (электролиз [6], биология [7], [8]), являются исключением из этого правила. Но на самом деле, для актов энергообмена как в электрохимии, так и в процессах клеточного метаболизма характерны именно энергии порядка 1 эВ .

Нейтрино имеет очень маленькую массу (в настоящее время считается, что масса электронного нейтрино и антинейтрино не превышает $0,28 \text{ эВ}$ [15]), поэтому они могут образовываться в результате неупругих столкновений частиц вещества (электронов, ионов, нейтральных атомов) при их тепловом движении. Так как точных данных о массе нейтрино нет, для оценочных расчетов будем считать, что минимальная энергия для образования пары нейтрино-антинейтрино равна $0,5 \text{ эВ}$. Среднюю энергию $0,5 \text{ эВ}$ имеют частицы в теле, нагретом до 3200°C . Напомню, что средняя энергия теплового движения $\bar{\varepsilon} = 1,5kT$ ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура). Такую и более высокую энергию имеют некоторые частицы и при меньшей температуре. Воспользовавшись функцией распределения энергии частиц при тепловом движении [16]:

$$f(\varepsilon) = \frac{2\sqrt{\varepsilon}}{\sqrt{\pi}(kT)^{3/2}} \exp\left(-\frac{\varepsilon}{kT}\right),$$

можно найти зависимость от температуры доли частиц, имеющих энергию выше заданной. Для энергии $0,5 \text{ эВ}$ эта зависимость показана на рис. 1. При комнатной температуре доля таких частиц 10^{-8} . Заметная доля частиц с энергией выше $0,5 \text{ эВ}$ появляется только при температуре около 1000°C . При температуре 1600°C таких частиц уже 10% , а при температуре 4500°C – 50% . Таким образом, при сделанных допущениях порог термической генерации нейтрино-антинейтринных пар – около 1000°C .

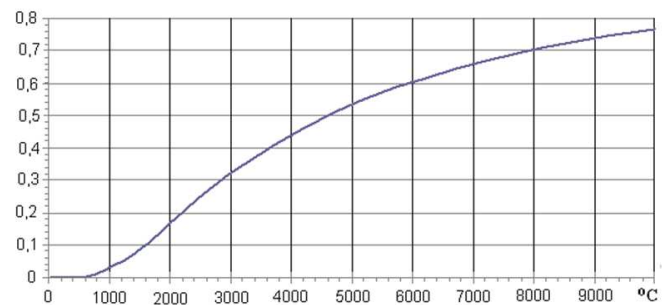


Рис. 1. Доля частиц, имеющих энергию выше $0,5 \text{ эВ}$, в зависимости от температуры.

В настоящее время уровень знаний о свойствах нейтрино недостаточен для надежного определения вероятности образования нейтрино и антинейтрино при тер-

мических столкновениях частиц вещества. Ясно только, что вероятность этого небольшая. Маленькая вероятность компенсируется большим числом соударений. Сделаем оценку числа соударений в секунду при тепловом движении в металлах. Чаще всего в металлах сталкиваются электроны с атомами. Длина пробега между столкновениями около 10^{-8} м. Скорость движения электронов при температуре 2000К около $2 \cdot 10^5$ м/с [17, стр.117]. Следовательно, электрон при своем тепловом движении испытывает $2 \cdot 10^{13}$ столкновений в секунду. Учитывая, что число свободных электронов в 1 см^3 металла порядка 10^{23} [17, стр.115], найдем число столкновений в секунду в 1 см^3 металла: $2 \cdot 10^{36}$. Столь огромное число столкновений позволяет предположить, что в горячих металлах нейтрино и антинейтрино возникают с интенсивностью, достаточной для инициации ядерных трансформаций, дающих значительное энерговыделение даже при очень малых вероятностях процессов, связанных с нейтрино. Допустим, что лишь одно из 10^{10} соударений порождает пару нейтрино-антинейтрино, и лишь одно из 10^{10} нейтрино или антинейтрино вызывает ядерную трансформацию. Даже при таких огромных потерях 1 см^3 горячего металла производит $2 \cdot 10^{16}$ ядерных трансформаций в секунду. В каждом акте таких трансформаций выделяется порядка 1 МэВ. Так как 1 Дж эквивалентен $6,25 \cdot 10^{12}$ МэВ, мощность выделяемой энергии примерно 2 кВт.

Сделаем аналогичную оценку для газа, нагретого до температуры, достаточной для термической генерации нейтрино (несколько тысяч °С). В газе даже при таких температурах электронов и ионов значительно меньше, чем нейтральных атомов (молекул), поэтому сталкиваются преимущественно атомы (молекулы). Скорость их движения порядка 10^3 м/с, а длина пробега до столкновения при атмосферном давлении около 10^{-7} м [18]. Следовательно, атом (молекула) испытывает около 10^{10} столкновений в секунду. В 1 см^3 горячего газа при атмосферном давлении содержится около 10^{19} атомов (молекул). В нем происходит около 10^{29} столкновений в секунду, что на 7 порядков меньше, чем в металлах. Таким образом, в газе, нагретом до температуры несколько тысяч градусов, термическая генерация нейтрино и антинейтрино хотя и возможна, но происходит с интенсивностью на много порядков меньшей, чем в металлах.

Для интенсивной генерации нейтрино и антинейтрино нужна горячая плотная среда с большим содержанием свободных электронов. Кроме металлов, такой средой является плазма высокой плотности, которая кратковременно возникает, например, при взрывах металлических проводников или при достаточном сильном импульсном энерговыделении в жидкостях.

Итак, предположение о возможности ядерных трансмутаций при действии нейтрино малых энергий, возникающих в горячих металлах или плотной плазме, позволяет объяснить два эмпирически обнаруженных свойства LENR: многообразие возникающих хи-

мических элементов и температурный порог порядка 1000°C . Можно также понять отсутствие жестких ядерных излучений. В предполагаемом механизме перегруппировка нуклонов происходит без внесения энергии, которая могла бы вызвать возбуждение ядерных уровней, высвечивание которых могло бы привести к излучению гамма квантов. Дефицит вносимой энергии приводит к тому, что из всех возможных вариантов преобразований реализуются те, при которых образуются максимально устойчивые нуклиды, не склонные ни к альфа или бета радиоактивности, ни к испусканию нейтронов. Выделяющаяся энергия реализуется в виде кинетической энергии возникающих нуклидов. Несмотря на то, что они могут иметь энергию до нескольких МэВ, при их торможении жесткая радиация не возникает, так как массивные заряженные частицы даже при высоких энергиях теряют свою энергию в основном в результате ионизации и возбуждения атомов среды, в которой они движутся [19]. При этом происходит излучение электромагнитной радиации, но «мягкой», с энергией квантов до нескольких кэВ. Кроме того, излучение «мягких» квантов происходит при нормализации деформированных электронных оболочек возникших нуклидов. Это позволяет объяснить появление мягкого рентгеновского излучения около работающих LENR-установок.

Отметим, что в слабых взаимодействиях (бета-процессах) с участием нейтрино (антинейтрино) не существует «проблемы кулоновского барьера», которая долгое время являлась обоснованием «невозможности» холодных ядерных трансмутаций.

II. ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ГИПОТЕЗУ О РОЛИ НЕЙТРИНО В ХОЛОДНЫХ ЯДЕРНЫХ ТРАНСМУТАЦИЯХ

Изложенная выше гипотеза предсказывает, что металл, нагретый до температуры порядка 1000°C и выше, излучает нейтрино и антинейтрино, вызывающие появление в окружающем веществе изначально отсутствующих химических элементов. Это сопровождается выделением тепла. Рассмотрим несколько подтверждающих экспериментов, о которых было доложено на 26 Российской конференции по холодным трансмутациям ядер и шаровой молнии [20].

В описанных ниже экспериментах в качестве раскаленного металла использовалась вольфрамовая нить в лампах накаливания, в частности, в галогенных лампах с трубчатой кварцевой оболочкой с номинальной мощностью 150 или 300 Вт (рис. 2), а также в обычной лампе накаливания мощностью 40 Вт. Снизить потребляемую мощность, при которой достигается достаточно высокая температура нити накала, можно отражающим покрытием баллона лампы. Такое покрытие из алюминиевой фольги имела лампа мощностью 40 Вт.

Зависимость удельного сопротивления вольфрама от температуры хорошо известна [21]. Поэтому температуру вольфрамовой нити несложно определить, измерив ее сопротивление при комнатной температуре R_{20} ,



Рис. 2. Галогенная лампа накаливания и лампа накаливания мощностью 40 Вт, обернутая алюминиевой фольгой.

а также напряжение U и ток I в рабочем режиме. Зная напряжение и ток, определяем сопротивление $R = U/I$, а затем и температуру по формуле $t(^{\circ}C) = 197,6(R/R_{20}) - 1,57(R/R_{20})^2 - 176$. Следует заметить, что описанная методика определения температуры дает усредненное значение, так как нить накала имеет более холодные (на концах и около опор) и более горячие участки.

Используя эти же данные, можно определить мощность, потребляемую лампой $P = UI$.

III. ЭКСПЕРИМЕНТЫ ТИПА 1. ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗДУШНОГО ПРОТОЧНОГО КАЛОРИМЕТРА

Галогенная лампа накаливания размещена внутри цилиндрического контейнера из нержавеющей стали с двумя стенками, пространство между которыми можно заполнять различными веществами (рис. 3). Для измерения мощности тепловыделения использован воздушный проточный калориметр (рис. 4). Мощность тепловыделения определяется по возрастанию температуры воздуха, омывающего исследуемый объект, расположенный в теплоизолированном цилиндре диаметром 20 см длиной 100 см. Разность температур воздуха на выходе и входе измеряется дифференциальной термопарой. Для создания стабильного потока воздуха использован вентилятор, подключенный к стабилизированному источнику питания. Калибровочные измерения показали, что погрешность измерения этим калориметром при мощности тепловыделения от 100 до 2000 Вт не превышает 3%.



Рис. 3. Галогенная лампа накаливания внутри цилиндрического контейнера.

На рис. 5 показана зависимость теплового коэффициента $СОР$ (отношения мощности тепловыделения к потребляемой электрической мощности) от температуры нити накала в галогенной лампе. Измерения

были сделаны при пустом контейнере и при контейнере, заполненном тетраборатом лития (10 г). Избыточное тепловыделение при температуре выше $2200^{\circ}C$ наблюдается даже в случае пустого контейнера, но контейнер, заполненный тетраборатом лития, дает более сильный эффект. При потребляемой электрической мощности 292 Вт усредненная температура вольфрамовой нити достигла $2390^{\circ}C$. Мощность тепловыделения, измеренная проточным воздушным калориметром, 428 Вт. Таким образом, выделение энергии сверх затраченной на нагрев нити составляет 136 Вт. Увеличение температуры влечет рост избыточной мощности, однако, как видно из рис. 5, тепловой коэффициент снижается. Это связано с тем, что при высоких температурах необходимая для нагрева мощность возрастает значительно быстрее ($\sim T^4$), чем избыточное тепловыделение, рост которого подобен зависимости, показанной на рис. 1.

IV. ЭКСПЕРИМЕНТЫ ТИПА 2. ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ПО СКОРОСТИ РОСТА ТЕМПЕРАТУРЫ В ВОДЕ

В этих экспериментах лампы накаливания погружались в воду (450 мл), налитую в стеклянный сосуд Дьюара. Мощность тепловыделения определялась по скорости роста температуры воды. Калибровочные эксперименты показали, что, варьируя время измерения, этим калориметром можно делать измерения мощности тепловыделения в диапазоне 10 - 500 Вт с погрешностью не выше 1%. Для ускорения установления теплового равновесия использовался ручной размешиватель.

Испытано несколько ламп накаливания различных типов. Во всех экспериментах обнаружено выделение избыточного тепла, когда усредненная температура нити накала превышала $2200^{\circ}C$. На рис. 8 представлена совокупность данных, полученных в экспериментах с лампой накаливания номинальной мощности 40 Вт и галогенными лампами трубчатой конструкции (рис. 2) номинальных мощностей 150 и 300 Вт. Вследствие более сильного охлаждения оболочек ламп водой по сравнению с воздухом для достижения достаточно высокой температуры нити накала требуется мощность на 60-70% выше номинальной.

На рис. 8 хорошо видно, что для всех испытанных ламп, весьма различных по мощности и конструкции, заметное повышение теплового коэффициента наблюдается при температурах более $2200^{\circ}C$. При температуре нити около $2500^{\circ}C$ тепловой коэффициент достигает величины 1,18, но при более высокой температуре



Рис. 4. Воздушный проточный калориметр.

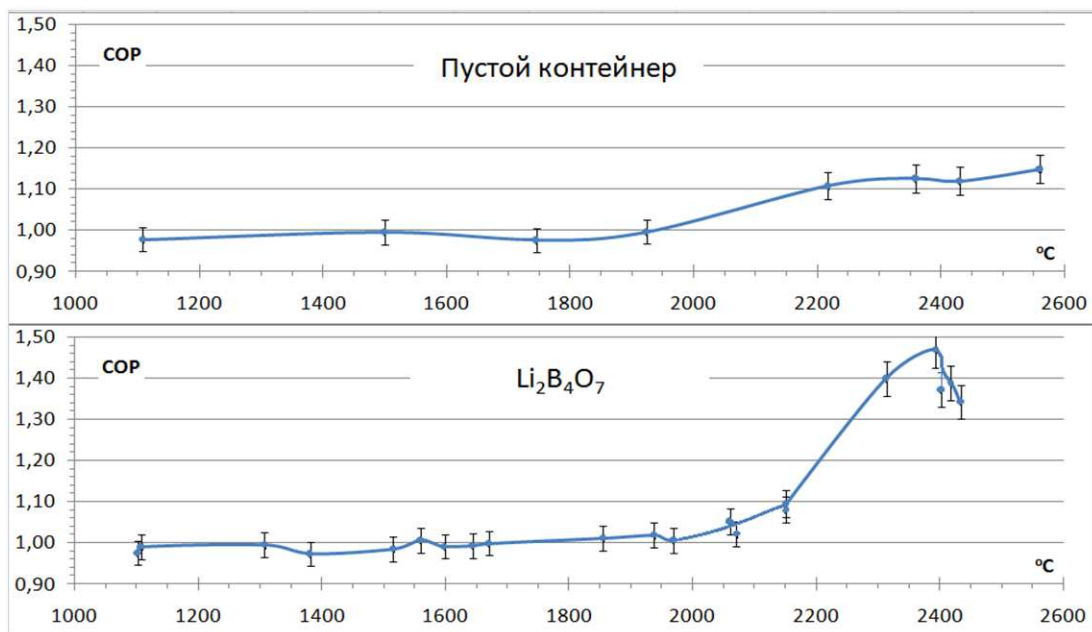
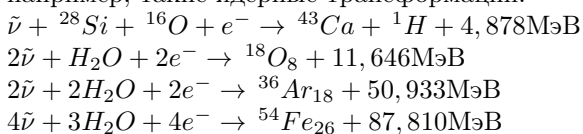


Рис. 5. Тепловой коэффициент в зависимости от температуры нити накала в галогенной лампе, измеренный с пустым контейнером и контейнером, наполненным тетраборатом лития.

снижается. Это связано с тем, что при высоких температурах необходимая для нагрева мощность возрастает значительно быстрее, чем избыточное тепловыделение. Этот эффект наблюдался и в экспериментах типа 1 (см. рис. 5).

Избыточное тепловыделение может возникать в баллонах ламп, содержащих SiO_2 , и в воде. Возможны, например, такие ядерные трансформации:



Чтобы убедиться, что в веществе около ламп накаливания действительно появляются новые химические элементы, были проведены специальные достаточно

длительные эксперименты, убедительно подтвердившие появление нуклидов, изначально отсутствующих [22].

V. РАСКАЛЁННЫЙ МЕТАЛЛ ИЛИ СВЕТ?

В 2013 г. в Курчатовском институте Ю.Н. Бажутов с сотрудниками провели серию экспериментов с растворами $LiOH$, $NaOH$, Na_2CO_3 , освещаемыми лазером или светодиодами с длиной волны 625-650 нм [23], [24]. Было обнаружено, что в растворах появляется тритий (1 атом трития на 10^{13} - 10^{14} излучённых фотонов). Заметного избыточного тепловыделения не обнаружено.

Ubaldo Mastromatteo в результате двухнедельных облучений лазерами с длинами волн 633 и 405 нм

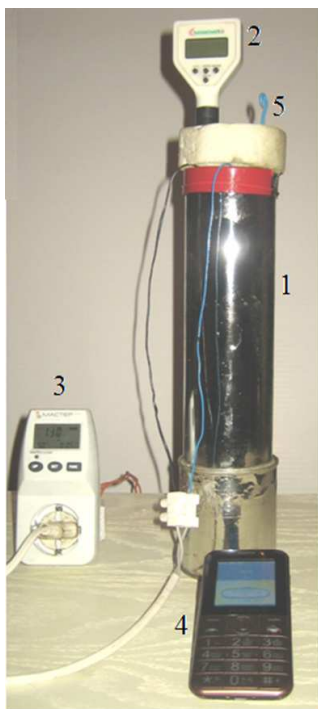


Рис. 6. Экспериментальная установка с водным калориметром. 1 - сосуд Дьюара с водой, в которую погружена лампа накаливания, 2 - термометр, 3 - измеритель величины тока, напряжения и потребляемой мощности, 4 - секундомер, 5 - размешиватель.



Рис. 7. Светодиоды, использованные в калориметрическом эксперименте.

палладиевой плёнки в атмосфере водорода и дейтерия обнаружил появление C, O, Na, Si, Al, Mg, S, Cl, K, Ca, Cu [25]. Этот эксперимент недавно воспроизвёл Jean-Paul Viberian [26]. После трёхмесячного облучения в атмосфере водорода или дейтерия палладиевой плёнки полупроводниковым лазером мощностью 5 мВт с длиной волны 650 нм были обнаружены изначально отсутствующие N, O, Na, S, Al, Ca, Fe, Ni, Zn, Mo. Наличие избыточного тепловыделения не контролировалось.

Таким образом, облучение светом вызывает ядерные трансмутации. Описанные в этой статье эксперименты сопровождаются весьма интенсивным излучением света. Быть может, именно с действием света связано появление новых элементов и избыточное тепловыделение? Фотоны с длиной волны 650 нм имеют энергию около 2 эВ, что более чем достаточно для порождения пары

нейтрино-антинейтрино, вызывающих ядерные трансмутации. Такой энергии достаточно и для того, чтобы породить пару монополь - антимонополь с массами 0,048 эВ, которые, как предполагается, также могут вызывать ядерные трансмутации [27].

В таком случае, используя более эффективные по сравнению с лампами накаливания источники света, можно значительно увеличить эффективность реакторов. Светодиодные источники на порядок эффективнее ламп накаливания. Следовательно, заменив лампы накаливания на светодиоды, можно рассчитывать, что тепловой коэффициент увеличится с типичного для ламп накаливания значения 1,1-1,2 по крайней мере до 2 (если свет и в самом деле является основным LENR - агентом).

Чтобы проверить такую возможность, был проведён калориметрический эксперимент с цепочкой из 15 светодиодов, извлеченных из бытовой светодиодной лампы (рис. 7). Был использован такой же калориметр с водой в сосуде Дьюара, который применялся в экспериментах с лампами накаливания (см. рис. 6).

Измерения показали, что погружённые в воду светодиоды не дают заметного избыточного тепловыделения ($COP=1,00\pm 0,01$). Блок светодиодов, окруженный алюминиевой фольгой или кварцем, также не дал заметного избыточного тепловыделения.

Можно сделать вывод о том, что, хотя свет и вызывает ядерные трансмутации, но их можно заметить лишь при очень длительном освещении мощным светом. Эффективность описанных в этой статье реакторов связана именно с наличием раскалённого металла.

VI. Новый подход к созданию LENR - РЕАКТОРОВ

В конструкциях, ставших уже традиционными, зона с высокой температурой (наводороженный металл, плазма) окружена слоем вещества, которое выполняет противоречивые задачи теплоизоляции и теплоотвода. Это не позволяет создать мощные реакторы с высоким соотношением выделяемой и потребляемой энергий.

Изложенная гипотеза позволяет по-новому подойти к конструированию LENR-реакторов. Источник агента, вызывающего ядерные трансмутации (горячий металл или плотная плазма), можно разместить внутри теплоизоляции. Это позволяет достичь высокой температуры, используя нагреватель небольшой мощности. Топливо (вещество, где происходят процессы с большим тепловыделением) можно расположить на периферии, что позволяет эффективно отводить выделяющееся тепло.

Именно такую конфигурацию имеет реактор, созданный Тадахико Мизуно [28] (рис. 9), который, потребляя 300 Вт электрической мощности, производил 2-3 кВт тепла. В этом реакторе высокотемпературный нагреватель находится внутри теплоизоляции - разреженного газа дейтерия. Топливо (никелевая сетка с нанесенным на нее тонким слоем палладия) находится на пери-

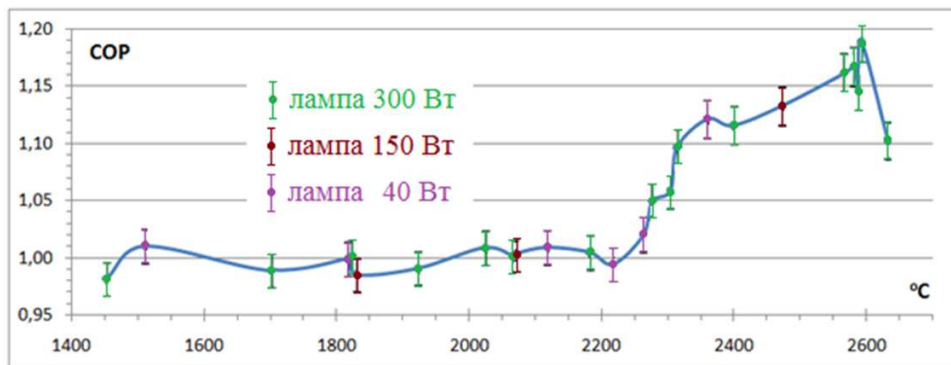


Рис. 8. Зависимость теплового коэффициента COP от температуры нити накала. Совокупность данных, полученных в разных экспериментах.

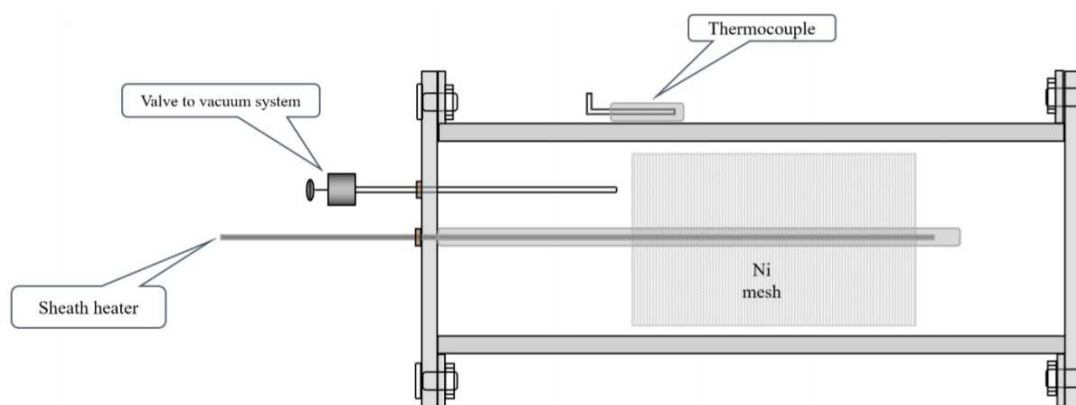


Рис. 9. Схема реактора Мизуно.

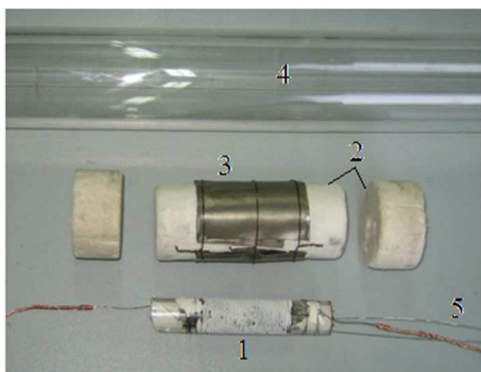


Рис. 10. Детали реактора С3. 1 - железный цилиндр в сапфировой трубке, на которую намотан вольфрамовый нагреватель; 2 - теплоизоляция; 3 - никелевая сетка; 4 - кварцевая труба; 5 - термопара W-Re.

ферии в тепловом контакте с наружной стенкой из нержавеющей стали.

В ОКЛ КИТ испытано несколько реакторов, имеющих такую конфигурацию. Предполагалось, что сложность создания высокой температуры можно компенсировать большой массой горячего металла.

В реакторе С3 (рис. 10) железный цилиндр массой 60 г нагревался вольфрамовой спиралью, намотанной на сапфировую трубку. "Горячая зона" окружена теп-

лоизоляцией из пористого кварца, обёрнутая сетками из никеля. Между сетками находилось 15 г порошка никеля, насыщенного водородом. Наружная оболочка - кварцевая труба, наполненная смесью водорода и аргона. Для измерения мощности тепловыделения был использован проточный воздушный калориметр (см. рис. 4).

На рис. 11 показаны зависимости мощности избыточного тепловыделения и теплового коэффициента реактора С3 от температуры. Заметное избыточное тепловыделение наблюдается уже при температуре железного сердечника 800°C и непрерывно возрастает с ростом температуры. Тепловой коэффициент при температуре около 1000°C достигает величины около 1,3. Увеличение температуры не приводит к росту COP из-за быстрого возрастания мощности, потребляемой электронагревателем.

В реакторе W1 использован трубчатый карбид-кремниевый нагреватель и вольфрамовый сердечник, что позволило достичь более высокую температуру по сравнению с реактором С3, имеющим железный сердечник. Схема реактора показана на рис. 12. Внутри карбид-кремниевый нагревателя находится вольфрамовый порошок массой 3,1 г. Нагреватель окружен теплоизоляцией из пористой керамики. Между теплоизоляцией и наружной кварцевой трубкой расположена

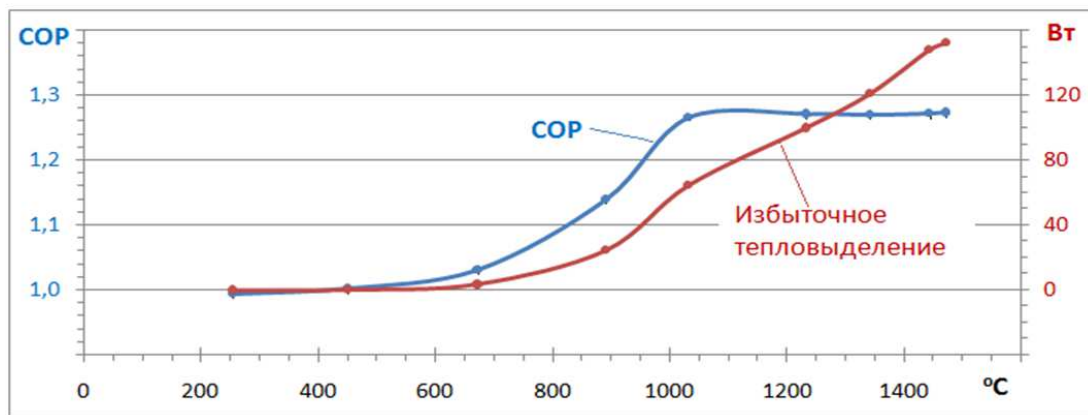


Рис. 11. Мощность избыточного тепловыделения и тепловой коэффициент реактора С3 в зависимости от температуры.

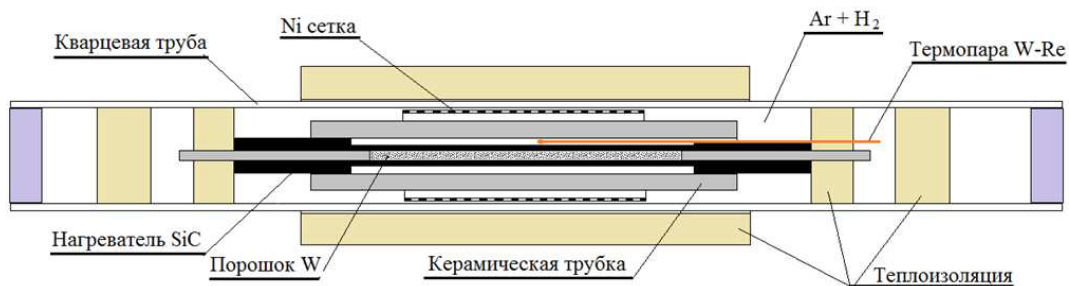


Рис. 12. Конструкция реактора W1.

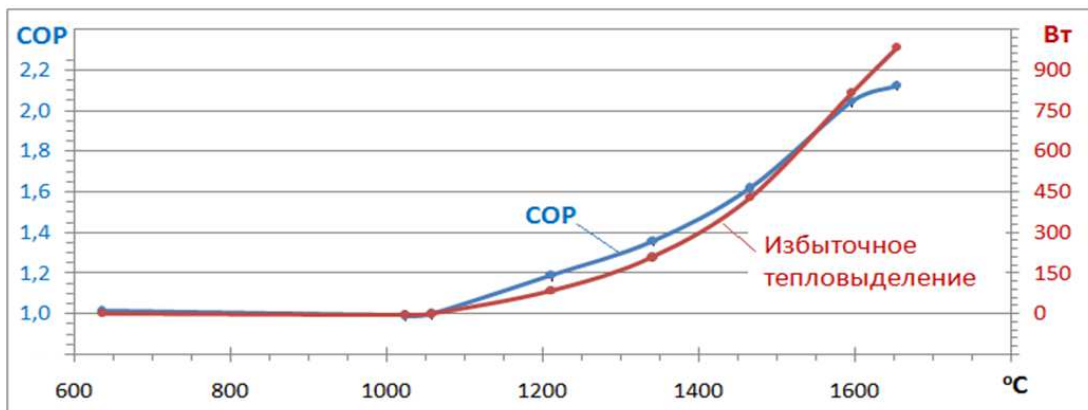


Рис. 13. Мощность избыточного тепловыделения и тепловой коэффициент реактора W1 в зависимости от температуры.

наводороженная никелевая сетка («топливо»). Вид на реактор в процессе работы показан на рис. 14.

На рис. 13 показаны зависимости мощности избыточного тепловыделения и теплового коэффициента реактора W1 от температуры. Этот реактор производил до 1000 Вт избыточной мощности. Заметное избыточное тепловыделение появляется при температуре 1100 °C и растет с ростом температуры. Тепловой коэффициент тоже растет, достигая значения 2,2 при температуре около 1600 °C. При более высоких температурах рост замедляется.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен ряд экспериментов, имеющих целью подтверждение гипотезы о возможности нейтрино малых энергий, возникающих в результате соударений частиц вещества при их тепловом движении, вызывая ядерные трансформации. Подтверждено предсказанное гипотезой выделение энергии в веществе около металла, разогретого до высокой температуры. Это позволяет по-новому подойти к конструированию LENR-реакторов. Источник агента, вызывающего ядерные трансмутации (горячий металл или плотная плазма), можно разместить внутри теплоизоляции, что позволяет достичь высокой температуры с малыми затратами

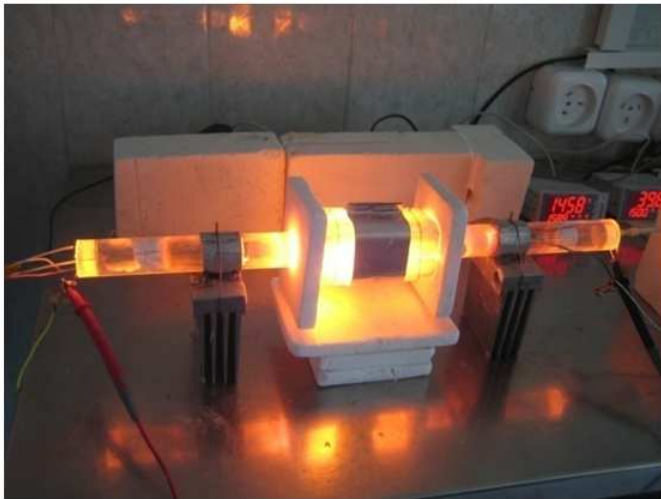


Рис. 14. Реактор W1 и процессе работы.

энергии. Топливо (вещество, где происходят процессы с большим тепловыделением) можно расположить на периферии, что позволяет эффективно отводить выделяющееся тепло. Испытано несколько реакторов, изготовленных по такой схеме. На одном из них удалось достичь мощности избыточного тепловыделения 1 кВт ($\text{COP}=2,2$). Дальнейшие работы по созданию реакторов такого типа были прерваны из-за пандемии Ковид-19.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Пархомов А.Г., Алабин К.А., Андреев С.Н и др. Никель-водородные реакторы: тепловыделение, изотопный и элементный состав топлива. *РЭНСИТ*, 9(1):74–93, 2017.
- [2] Пархомов А.Г., Жигалов В.А., Забавин С.Н. и др. Никель-водородный теплогенератор, непрерывно проработавший 7 месяцев. *ЖФНН*, 23-24(7):57–63, 2019. <http://www.unconv-science.org/pdf/23/parkhomov2.pdf>.
- [3] Вачаев А.В., Иванов Н.И., Иванов А.Н., Павлова Г.А. Способ получения элементов и устройство для его осуществления. Патент РФ №2096846, МКИ G 21 G 1/00, Н 05 Н 1/24. Заявл. 31.05.94// Изобретения. 1997. № 32. С. 369.
- [4] Бажутов Ю.Н., Герасимова А.И., Корецкий В.П., Пархомов А.Г. Особенности потребления электроэнергии, выделения тепла и излучения в процессе плазменного электролиза. *Материалы 21-й РКХТЯ и ШМ*. Москва. 2015. С.122-131.
- [5] Savvatimova I.B. Transmutation of Elements in Low-energy Glow Discharge and the Associated Processes. *J. Condensed Matter Nucl. Sci.*, 8:1–19, 2011.
- [6] Fleischmann M., Pons S. Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 261(2A):301–308, 1989.
- [7] Kervran L. *Biological Transmutations*. Happiness Press, USA, Magalia, California, 1998.
- [8] Корнилова А.А., Высоцкий В.И. Синтез и трансмутация стабильных и радиоактивных изотопов в биологических системах. *РЭНСИТ*, 9(1):52–64, 2017.
- [9] Пархомов А.Г. LENR как проявление слабых ядерных взаимодействий. *ЖФНН*, 23-24(7):6–8, 2019. <http://www.unconv-science.org/pdf/23/parkhomov1.pdf>.
- [10] Parkhomov A.G. Weak Interactions as Essence of LENR. *International Journal of Unconventional Science*, E4:3–5, 2019. <http://www.unconv-science.org/pdf/23/parkhomov1-en.pdf>.
- [11] Пархомов А.Г. Многообразие нуклидов, возникающих в процессе холодных ядерных трансмутаций. *ЖФНН*, 17-18(7):99–101, 2017.
- [12] Пархомов А.Г. Многообразие нуклидов, возникающих в процессе холодных ядерных трансмутаций с участием электронов. *ЖФНН*, 21-22(6):131–132, 2018.
- [13] Пархомов А.Г. Ритмические и спорадические изменения скорости бета распадов. Возможные причины. *ЖФНН*, 21-22(6):86–96, 2018.
- [14] Parkhomov A.G. Rhythmic and Sporadic Changes in the Rate of Beta Decays Possible Reasons. *Journal of Modern Physics*, 9(8):1617–1632, 2018.
- [15] Thomas S.A., Abdalla F.B. and Lahav O. Upper Bound of 0.28 eV on Neutrino Masses from the Largest Photometric Redshift Survey. *Phys. Rev. Lett.*, 105(3):031301, 2010.
- [16] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Статистическая физика*. Наука, М., 1964. с.108.
- [17] *Физическая энциклопедия. Т.3. Ред. Прохоров А.М.* Большая Российская энциклопедия, М., 1992.
- [18] Каганов И.Л. *Ионные приборы*. Энергия, М., 1972. 528 с.
- [19] Мухин К.Н. *Введение в ядерную физику*. Атомиздат, М., 1965. с. 203-212.
- [20] <http://lenr.seplm.ru/konferentsii/rkkhtyaishm-26-video-zasedanii>.
- [21] *Физические величины. Справочник, ред. Григорьев И.С., Мейлихов Е.З.* 1991. С. 438.
- [22] Пархомов А.Г., Карабанов Р.В. Исследование элементных и изотопных изменений в веществе около ламп накаливания. *ЖФНН*, 8(27):116–119, 2021.
- [23] Бажутов Ю.Н., Герасимова А.И., Корецкий В.П., Евмененко В.В., Пархомов А.Г., Сапожников Ю.А. Калориметрическая и нейтронная диагностика водных растворов при интенсивном световом облучении. *Материалы 20 Российской конференции РКХТЯи ШМ, Лоо, Сочи, 29 сентября - 6 октября 2013*, с. 55-64.
- [24] Bazhutov Yu.N, Gerasimova A.I., Evmenenko V.V., Koretskiy V.P., Parkhomov A.G. and Sapozhnikov Yu.A. Calorimetric and Radiation Diagnostics of Water Solutions Under Intense Light Irradiation. *J. Condensed Matter Nucl. Sci.*, 19:10–17, 2016.
- [25] Mastromatteo U. LENR Anomalies in Pd-H₂ Systems Submitted to Laser Stimulation. *J. Condensed Matter Nucl. Sci.*, 19:173–182, 2016.
- [26] Biberian J.-P. Transmutation induced by laser irradiation. Le colloque RNBE 2020.
- [27] Kovacs A. Magnetic monopole mass and charge radius calculation from experimental data analysis // *Материалы 26-й РКХТЯ и ШМ*.
- [28] Mizuno, T. and J. Rothwell. Increased Excess Heat from Palladium Deposited on Nickel (Preprint). in *The 22nd International Conference for Condensed Matter Nuclear Science ICCF-22*. 2019. Assisi, Italy. <http://lenr-canr.org/acrobat/MizunoTincreasedede.pdf>.