

ПРОИЗВОДСТВО ИЗБЫТОЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ (LENR) В ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

А.Б. Карабут

ФГУП «ЛУЧ»

Железнодорожная 24, г. Подольск, Московская область, 142100, Российская федерация.
Тел. (095) 5508129; Факс (095) 5508129; E-mail 7850.g23@g23.relcom.ru

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты по регистрации избыточной тепловой мощности в экспериментах с сильноточным тлеющим разрядом в D_2 , Хе и Кг с использованием предварительно дейтерированных Pd и Ti катодных образцов.

В экспериментах для Pd катодных образцов в D_2 разряде зарегистрирована избыточная тепловая мощность до 10–15 Вт и КПД до 150 %. Избыточная тепловая мощность до 5 Вт и КПД до 150 % регистрируется для предварительно дейтерированных Pd катодных образцов в Хе, Кг разрядах. В тоже время избыточная тепловая мощность не наблюдается для чистых Pd катодных образцов в Хе, Кг разрядах.

Зарегистрировано производство примесных нуклидов (${}^7\text{Li}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{15}\text{N}$, ${}^{20}\text{Ne}$, ${}^{29}\text{Si}$, ${}^{44}\text{Ca}$, ${}^{48}\text{Ca}$, ${}^{56}\text{Fe}$, ${}^{57}\text{Fe}$, ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{64}\text{Zn}$, ${}^{66}\text{Zn}$, ${}^{75}\text{As}$, ${}^{107}\text{Ag}$, ${}^{109}\text{Ag}$, ${}^{110}\text{Cg}$, ${}^{111}\text{Cg}$, ${}^{112}\text{Cg}$, ${}^{114}\text{Cg}$, ${}^{115}\text{In}$) с производительностью до 10^{13} атомов/с.

В экспериментах с разрядом в H_2 , D_2 , Ar, Хе, Кг зарегистрировано мягкое рентгеновское излучение из твердотельной среды катода с интенсивностью до 1.0 Гр/с. Рентгеновское излучение наблюдается в виде вспышек (до 10^6 фотонов во вспышке и до 10^5 вспышек в секунду) во время горения разряда и спустя до 100 мс после выключения тока разряда.

Результаты регистрации рентгеновского излучения показывают, что в среде твердого тела существуют возбужденные энергетические уровни с временем жизни до 100 мс и более и энергией 1.2 – 1.8 кэВ.

Рассматривается возможный механизм производства избыточной тепловой мощности и продуктов ядерных реакций трансмутации реакций в среде твердого тела с возбужденными энергетическими уровнями.

1. ВВЕДЕНИЕ

Ранее были получены экспериментальные результаты по регистрации производства избыточной тепловой мощности, наработки в материале катода примесей изотопов элементов, регистрация эмиссии тяжелых частиц и мягкого рентгеновского излучения при больших плотностях тока разряда. Применительно к созданию длительно работающего реактора тепловой мощности проводилось исследование режимов с малой плотностью тока разряда для выяснения возможного механизма инициирования неравновесных ядерных реакций трансмутации в среде твердого тела катодного образца.

2. ИЗМЕРЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО ТЕПЛА ПРОТОЧНЫМ КАЛОРИМЕТРОМ

Измерения проводились на установке тлеющего разряда [1] состоящей из водоохлаждаемых вакуумной камеры, анодного и катодного узлов. Конструкция катода позволяет размещать на охлаждаемой поверхности катодные образцы из различных материалов. Три узла установки катод, анод и камера имели независимые тракты водяного охлаждения. Каждый тракт охлаждения включал два дифференциально включенных терморезистора на входе и выходе и объемный измеритель расхода охлаждающей воды. Установка помещалась в теплоизоляционный пакет (Рис. 1) и представляла собой проточный калориметр. В отличие от ранее выполненных экспериментов использовался режим "плазменного анода". Анод

располагался у стенки камеры (Рис.1) и был погружен в плазменную область располагавшуюся над катодом.

Использовался импульсно периодический источник электрического питания. Электрические параметры: ток и напряжение разряда регистрировались с использованием двухканального компьютерного цифрового осциллографа. Электрическая мощность определялась по выражению

$$P_{el} = 1/T \times \int U(t) I(t) dt.$$

При наличии внутри камеры источника избыточного тепловыделения P_{EH} , его величина определится

$$P_{EH} = (P_{HC} + P_{HA} + P_{HCh}) - P_{el} \pm \Delta P_{error}$$

Здесь P_{el} - введенная электрическая мощность тлеющего разряда, P_{HC} , P_{HA} , P_{HCh} - выведенная тепловая мощность с водой охлаждения катода, анода и камеры соответственно, ΔP_{error} - полная абсолютная ошибка измерений мощности для данной измерительной системы. T - период следования импульсов тока тлеющего разряда. Система измерений позволяла регистрировать электрическую мощность введенную в разряд и тепловую мощность выведенную охлаждающей водой с точностью ± 0.6 Вт при абсолютной величине электрической мощности до 120 Вт (относительная погрешность $\pm 0.5\%$, (Рис.2).

Эксперименты проводились с Pd катодными образцами в D_2 разряде, с предварительно дейтерированными Pd катодными образцами в Хе и Кг разрядах. В контрольных экспериментах использовались не дейтерированные Pd катодные образцы в Хе и Кг разрядах. В этой серии экспериментов плотность тока не превышала 100 mA/cm^2 . При таких значениях тока разряда в D_2 происходит непрерывная загрузка D_2 в Pd до наступления насыщения. Количество загруженного D_2 определялось по уменьшению давления в камере. Периодически производился напуск в камеру D_2 для поддержания требуемого давления. Количество загруженного дейтерия в палладий определялось по объему газа поглощенному из разрядной камеры катодным образцом. При достижении насыщения (прекращение поглощения D_2) величина отношения D/Pd оценивается как близкая к единице.

Тепловые измерения проводились для Pd катодных образцов в разряде при изменении следующих параметров: плотность тока разряда, напряжение, длительность импульсов тока и временной интервал между импульсами тока источника питания. Абсолютная величина избыточной тепловой мощности и тепловой КПД возрастает с увеличением мощности введенной в разряд (Рис.2). Максимальные величины избыточной тепловой мощности и теплового КПД регистрируются при следующих условиях в экспериментах: в режимах, когда происходит загрузка D_2 в Pd или выход D_2 из Pd (кривая 1, Рис.2), в режимах, когда временной интервал между импульсами тока много больше длительности импульсов тока разряда.

Этот результат указывает, что избыточная тепловая мощность продолжает выделяться в катодном образце после выключения тока (во временных интервалах между импульсами тока). Максимальные величины избыточной тепловой мощности регистрируются при напряжении горения разряда 1000 – 1400 В.

Большие величины избыточной тепловой мощности и теплового КПД регистрируются для предварительно дейтерированных катодных образцов в Хе и Кг разрядах (Рис.4). Избыточная тепловая мощность не производится при использовании катодных образцов из чистого (не дейтерированного Pd) в Хе и Кг разрядах (Рис.5). Таким образом экспериментально показано, что производство избыточной тепловой мощности определяется двумя процессами. 1- в среде кристаллической решетки твердого тела должен быть загружен дейтерий. 2- кристаллическая решетка должна получить начальное возбуждение, в среде твердого тела должны быть созданы высокоэнергетические долгоживущие возбужденные уровни. Эти возбужденные состояния могут быть созданы от дополнительного источника (например при бомбардировке катодной поверхности потоком ионов инертного газа).

Трехканальная система отдельной регистрации выведенной тепловой мощности (анод, катод, камера) позволила определить структуру избыточного тепловыделения в тлеющем разряде. График (Рис.6) показывает, что большие величины КПД регистрируются в экспериментах с

большим относительным тепловыделением на катоде. Эти результаты показывают, что избыточная тепловая мощность выделяется преимущественно на катоде.

3. РЕГИСТРАЦИЯ ПРИМЕСНЫХ НУКЛИДОВ

В более ранних экспериментах в предположении, что регистрируемое избыточное тепло [1] связано с протекающими ядерными реакциями [2] производился анализ содержания примесей в материале катодных образцов до и после экспериментов с использованием установки высокоточного тлеющего разряда [1]. Использовались следующие методы: искровая масс-спектрометрия, вторичная ионная масс-спектрометрия, вторичная нейтрал масс-спектрометрия. Эта методика использовалась для анализа примесных нуклидов в материале катодных образцов до и после эксперимента. Разница в содержании примесных элементов до и после эксперимента определялась, как наработка элементов в эксперименте. Примеси элементов с массой меньше массы Pd приблизительно в два раза и с массой близкой к массе Pd регистрируются в приповерхностном слое толщиной 100 нм в количестве до несколько десятков процентов (таблица 1). Основными примесными нуклидами (с содержанием более 1%) являются ${}^7\text{Li}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{15}\text{N}$, ${}^{20}\text{Ne}$, ${}^{29}\text{Si}$, ${}^{44}\text{Ca}$, ${}^{48}\text{Ca}$, ${}^{56}\text{Fe}$, ${}^{57}\text{Fe}$, ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{64}\text{Zn}$, ${}^{66}\text{Zn}$, ${}^{75}\text{As}$, ${}^{107}\text{Ag}$, ${}^{109}\text{Ag}$, ${}^{110}\text{Cg}$, ${}^{111}\text{Cg}$, ${}^{112}\text{Cg}$, ${}^{114}\text{Cg}$, ${}^{115}\text{In}$. Определялось содержание примесей в объеме катодного образца на разных глубинах. Процедура определения примесей методом вторичной ионной масс-спектрометрии включала в себя следующие операции: удаление методом плазменного травления верхнего дефектного слоя толщиной 1.5 нм, сканирование одного и второго слоя по 5 нм с определением содержания примесных нуклидов, удаление слоя толщиной 100 нм и повторное сканирование третьего и четвертого слоя по 5 нм с определением примесных нуклидов. Содержание примесей на глубине 100 нм уменьшается в 1.5 -2 раза по сравнению с приповерхностными слоями (Рис.7).

Table 1.

Λ	${}^1\text{Li}$	${}^6\text{Li}$	${}^1\text{B}$	${}^{12}\text{C}$	${}^{13}\text{C}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{20}\text{Ne}$	${}^{28}\text{Si}$	${}^{29}\text{Si}$	${}^{40}\text{Ca}$
%	0.075	0.84	0.14	0.93	0.19	0.3	0.14	0.24	0.5	0.72
Λ	${}^4\text{Ca}$	${}^5\text{Sc}$	${}^6\text{Ti}$	${}^7\text{Ti}$	${}^8\text{Ti}$	${}^9\text{Ti}$	${}^{48}\text{Ti}$	${}^{51}\text{V}$	${}^{52}\text{Cr}$	${}^{53}\text{Cr}$
%	0.0	0.74	0.57	0.25	0.1	0.13	0.67	0.45	0.62	0.25
Λ	${}^4\text{Fe}$	${}^6\text{Fe}$	${}^7\text{Fe}$	${}^9\text{Co}$	${}^{58}\text{Ni}$	${}^{60}\text{Ni}$	${}^{62}\text{Ni}$	${}^{63}\text{Cu}$	${}^{65}\text{Cu}$	${}^{66}\text{Zn}$
%	0.24	0.9	0.5	0.03	0.32	0.41	0.19	0.36	0.23	0.23
Λ	${}^6\text{Zn}$	${}^7\text{Ga}$	${}^7\text{Ge}$	${}^7\text{Ge}$	${}^7\text{As}$	${}^7\text{Se}$	${}^8\text{Se}$	${}^8\text{Br}$	${}^8\text{Se}$	${}^2\text{Se}$
%	0.18	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.1	0.1	0.4
Λ	${}^5\text{Rb}$	${}^8\text{Sr}$	${}^0\text{Zr}$	${}^3\text{Nb}$	${}^{07}\text{Ag}$	${}^{09}\text{Ag}$	${}^{11}\text{Cd}$	${}^{12}\text{Cd}$	${}^{13}\text{Cd}$	${}^{14}\text{Cd}$
%	0.2	0.1	0.4	0.1	0.14	0.36	0.8	0.4	0.1	0.7
Λ	${}^{15}\text{In}$	${}^{19}\text{Sn}$	${}^{20}\text{Sn}$	${}^{23}\text{Sb}$						
%	0.2	0.6	0.4	0.4						

Результаты этих измерений показывают, что производство примесных нуклидов происходит в объеме материала катодного образца на глубине до 1 мкм (до 4000 атомных слоев) от поверхности катода.

4. РЕГИСТРАЦИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В экспериментах регистрируется интенсивное рентгеновское излучение из среды твердого тела катодных образцов. Регистрация рентгеновского излучения проводилась с использованием термолюминесцентных детекторов (ТЛД), рентгеновской пленки и сцинтилляционных детекторов, с фотоумножителями [].

С целью измерения интенсивности и оценки средней энергии эмиссии мягкого рентгеновского излучения от катода разряд использовались термолюминесцентные детекторы (ТЛД) на базе кристалла Al_2O_3 , которые позволяют регистрировать величины проникающего излучения начиная с фоновых значений радиоактивного излучения окружающей среды. Детекторы в виде дисков диаметром 5mm и толщиной 1mm, закрытые бериллиевой фольгой

различной толщины (15 мкм, 30 мкм, 60 мкм, 105 мкм, 165 мкм, 225 мкм и 300 мкм) размещались над катодом в специальной кассете (семиканальном спектрометре).

Оценка энергии рентгеновского излучения производилась по изменению дозы излучения поглощенной ТЛД детекторами снабженных Ве экранами различной толщины. Интенсивности рентгеновского излучения проходящего через Ве пластину толщиной d описывается выражением:

$$I = I_0 \times 2^{-\frac{d}{d_{1/2}}} \quad (1)$$

Здесь: I_0 , I – интенсивности рентгеновского излучения и на выходе из пластины соответственно, d – толщина пластины, $d_{1/2}$ – толщина половинного поглощения излучения [2]. Интенсивность излучения (мощность дозы) определялась как доза излучения поглощенная детектором и поделенная на время эксперимента. Это выражение и график зависимости \lg толщины половинного поглощения от \lg энергии рентгеновского излучения для бериллия использовалось для оценки энергии рентгеновского излучения. Значения \lg толщины половинного поглощения от \lg энергии рентгеновского излучения для бериллия зависимости брались из [2], Appendix G.

Доза излучения поглощенная ТЛД детекторами уменьшается по экспоненте с увеличением толщины поглощающего Ве экрана (Рис.8). Основная составляющая энергии рентгеновского излучения находится в диапазоне 1.5 – 1.8 кэВ. Экспериментально определенная величина энергии рентгеновского излучения увеличивается с 1.2 до 1.8 кэВ при увеличении толщины Ве экрана 15 мкм до 300 мкм (Рис. 9). Можно предположить, что рентгеновское излучение излучается из объема твердотельной среды катода. Часть излучения из более глубоких слоев твердотельной среды катода теряет начальную энергию при прохождении материала катода. При этом энергетический спектр излучения смещается в сторону уменьшения энергии. Первоначальная энергия рентгеновского излучения оценивается как 1.5 - 1.8 кэВ.

Временные характеристики рентгеновского излучения исследовались с использованием сцинтилляционных детекторов с фотоумножителями []. Эти измерения показали, что эмиссия рентгеновского излучения наблюдается в виде большого количества вспышек (до 10^9 фотонов во вспышке). Отдельные вспышки регистрируются после выключения тока разряда в интервале времени до 85 мс (Рис.10).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментов с сильноточным тлеющим разрядом выполненные в течении нескольких лет позволяют выделить основные процессы и условия их протекания.

1 - производство избыточной тепловой мощности производится в объеме твердотельной среды катодного образца при следующих условиях:

- - Должна быть осуществлена загрузка дейтерия в твердотельную среду катода.
- - Необходимо инициирующее возбуждение энергетических уровней кристаллической решетки материала катода.
- - Это инициирование может осуществляться от постороннего источника (например, потоком ионов инертного газа).
- - производство избыточной тепловой мощности происходит преимущественно в приповерхностном слое катодного образца толщиной до 1 мкм (по результатам регистрации примесных нуклидов). Объемная плотность избыточной тепловой мощности имеет величину до 10^5 Вт/см³.

2 - Производство изотопов элементов в виде примеси к основному материалу катода.

- - Производство примесных нуклидов происходит в объеме твердотельной среды катода предположительно в результате ядерных реакций трансмутации.
- - В эксперименте эмиссия высокоэнергетических тяжелых ионов не регистрируется. Отсюда можно предположить, что энергия ядерных реакций выделяется не в виде кинетической энергии образовавшихся примесных нуклидов. Предположительно примесные нуклиды образуются в виде ядерных изомеров (ядер в возбужденном состоянии). Из результатов

эксперимента следует, что релаксация этих возбужденных ядерных уровней через канал гамма излучения сильно подавлена.

3 - Возбуждение энергетических уровней твердотельной среды катода.

- - Образование возбужденных энергетических уровней кристаллической решетки определяется путем регистрации рентгеновского излучения из твердотельную среды катода.
- - рентгеновское излучение наблюдается в виде вспышек малой временной длительности (предположительно до 10^{-13} с). Каждая вспышка содержит до 10^9 рентгеновских квантов с энергией 1.5 - 1.8 кэВ. Вспышки регистрируются в количестве до 10^5 вспышек в секунду во время горения разряда и в промежутке времени до 100 мс после выключения тока.
- - Предположительно механизм образования этого излучения следующий. При бомбардировке поверхности катода ионами разрядной плазмы в среде твердого тела образуются возбужденные энергетические уровни с энергией 1.5 - 1.8 кэВ и временем жизни до 100 мс. Выяснения конкретного физического механизма образования этих уровней требует дополнительных исследований.

Предположительно можно рассматривать следующие физические явления: 1- Колебательная деформация электронно-ядерной системы ионов твердого тела при бомбардировке поверхности катода ионами разряда. Остов электронных оболочек смещается относительно ядра с образованием диполя (оптический полярный фонон).

2- возбуждение внутренних L, M электронных оболочек без ионизации внешних электронов при взаимодействии оптических полярных фононов с электронной оболочкой. 2

- - Релаксация возбужденных энергетических уровней твердотельной среды происходит путем эмиссии рентгеновского излучения и возможно быстрых электронов.
- - Предположительно релаксация возбужденных уровней происходит одновременно из объема микро монокристаллов составляющих твердотельную среду. То есть совокупность возбужденных ионов микро монокристалла релаксируют одновременно и дают вспышку рентгеновского излучения.

4- Ядерные реакции трансмутации. После каждого прохождения импульса тока тлеющего разряда в твердом теле образуются возбужденные энергетические состояния с плотностью заселенности n_{exit} (см^{-3}) и характеристической температурой $T_{\text{exit}} \approx 1.5 - 1.8$ кэВ и выше (до 20 000 000 °К и более). Эти энергетические состояния существуют характерное время τ_{exit} (до 100 мс и более). Такую среду в которой температура кристаллической решетки не превышает несколько сотен °К будем называть неравновесной средой.

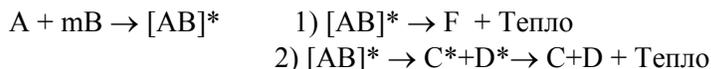
- - В такой среде возможно осуществление неравновесных ядерных реакции трансмутации. Вероятность протекания этих реакций (и соответственно величина избыточной тепловой мощности) определяется критерием

$$n_{\text{exit}} \times \tau_{\text{exit}} > (n_{\text{exit}} \times \tau_{\text{exit}})_{\text{min}}.$$

Этот критерий является видоизмененным критерием Лоусона, используемым для оценки положительного выхода тепла в инерционном термоядерном синтезе.

- - Плотностью заселенности определяется параметрами горения разряда и геометрией катодного образца. Характерное время существования возбужденных состояний определяется балансом между процессами возбуждения энергетических уровней во время прохождения импульса разрядного тока накачки и процессами релаксации этих уровней путем эмиссии рентгеновского излучения. Таким образом, для получения больших величин избыточной тепловой мощности надо создавать высокую плотность заселенности колебательно дипольных энергетических состояний n_{exit} и подавлять эмиссию рентгеновского излучения (для увеличения времени жизни возбужденных состояний τ_{exit}).

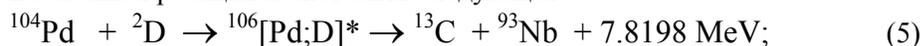
5 - По результатам экспериментов можно предположить ядерные реакции трансмутации. Реакции дающие стабильные нуклиды



Где A - ядро Pd или другого элемента, B – дейтерий или водород, $[AB]^*$ - промежуточное компанд – ядро с малым временем жизни, m-1,2,3..., C^*, D^* - ядерные изомеры нуклидов с

массой меньше массы Pd, C,D - стабильные нуклиды, F - нуклид с массой больше массы Pd. Вначале образуется составное компаунд-ядро в возбужденном состоянии. Затем реализуется один из двух возможных каналов: 1) Компаунд ядро может сбросить возбуждение и образовать стабильное ядро более тяжелого, чем Pd элемента. 2) Компаунд ядро может развалиться на два ядра осколка с массами меньше массы Pd. Причем два ядра должны находиться в возбужденном изомерном состоянии (эксперименты показывают, что энергия ядерных реакций не выделяется в виде кинетической энергии ядер осколков).

б - Конкретных физический механизм осуществления этих реакций требует дополнительных исследований. Одним из возможных типов этих реакций с образованием примесных нуклидов могут быть дальнедействующие (резонансные) ядерные реакции. Механизм дальнедействующих реакций можно рассмотреть на примере конкретной реакции трансмутации. В экспериментах регистрируется образование большого количества нуклида ^{13}C . Возможная реакция может быть следующая.



Согласно законам сохранения импульса и энергии образовавшийся нуклид ^{13}C должен получить энергию 6.8608 MeV. Нуклид ^{93}Nb должен получить энергию 0.959 MeV. Для ^{13}C существует ядерное возбужденное состояние (ядерный изомер) с энергией 6.864 MeV и шириной возбужденного уровня 6 keV. Для ^{93}Nb существует возбужденный уровень с энергией 0.9498 MeV. Разность между энергии получаемой нуклидом ^{13}C и энергией одного из возбужденных состояний его ядра равна 3.2 keV. При энергии возбуждения кристаллической решетки 1.5 и ширине возбужденного энергетического уровня 6.0 эти условия дают большую вероятность осуществления дальнедействующей (резонансной) ядерной реакции (Рис. 11).

Совокупность экспериментальных результатов позволяет предположить, что энергия возбужденных ядерных уровней образовавшихся нуклидов переходит в тепло. Конкретных физический механизм такого перехода требует дополнительных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты (прибор тлеющего разряда дающий избыточной тепловой мощности до 5 Вт/см² при КПД до 150%) позволяют создать демонстрационный источник тепловой мощности. Разработана технология многоэлементных катодных тепловыделяющих элементов с плазменными анодами. Демонстрационный реактор с входной электрической мощностью 10 кВ и выходной тепловой мощностью 15 кВ будет иметь размеры 20×20×20 см³.

На основе неравновесных ядерных реакций трансмутации в среде твердого тела возможно создание новой ядерной энергетики. Этот тип энергетики можно назвать "Третьим путем" в ядерной энергетике по сравнению с ядерной энергетикой на основе деления ядер урана и термоядерным синтезом.

Литература

1. A.B.Karabut, "Excess Heat Power, Nuclear Products and X-ray Emission in Relation to the High Current Glow Discharge Experimental Parameters", Proceedings of the 9th International Conference on Cold Fusion, May 19-24, 2002, China, p.151.
2. 2. Richard B. Firestone, Table of Isotopes, 8th Edition, Vol.1,2, Appendix G –1, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996.

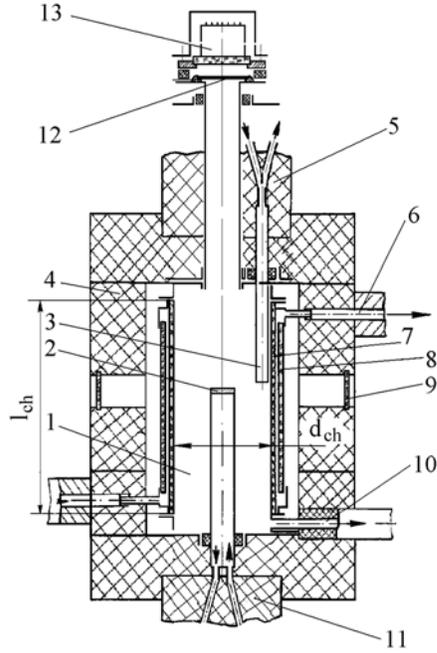


Рис.1. Схема проточного калориметра.

1 – камера, 2 – катод, 3 – анод, 4,5,11 – теплоизоляция, 6,10 – подводы и отводы охлаждающей воды, 7,8 – рубашка охлаждения камеры, 9- окно контроля разряда,12- окно вывода излучения, 13- ФЭУ.

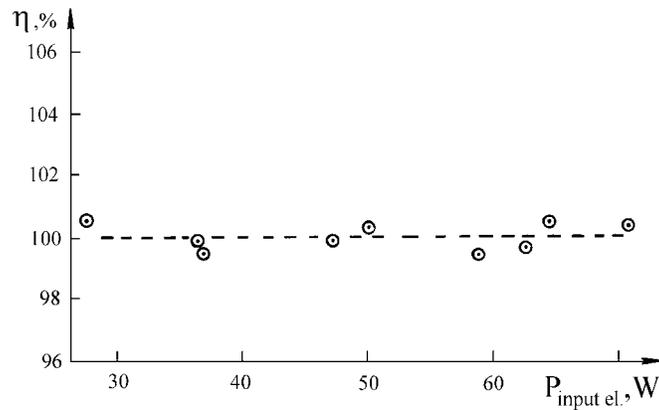


Рис.2. Экспериментально определенная зависимость относительной ошибки измерений тепловой мощности выводимой системой водяного охлаждения проточного калориметра от мощности введенной электрическим разрядом.

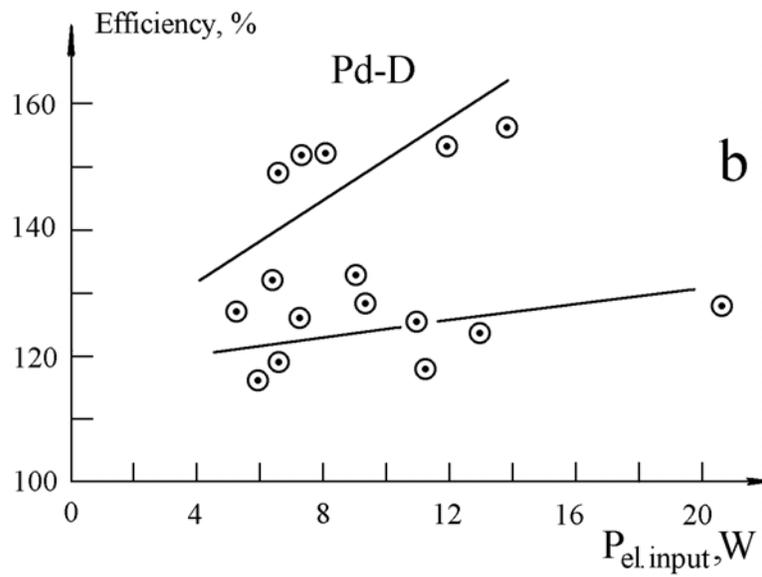
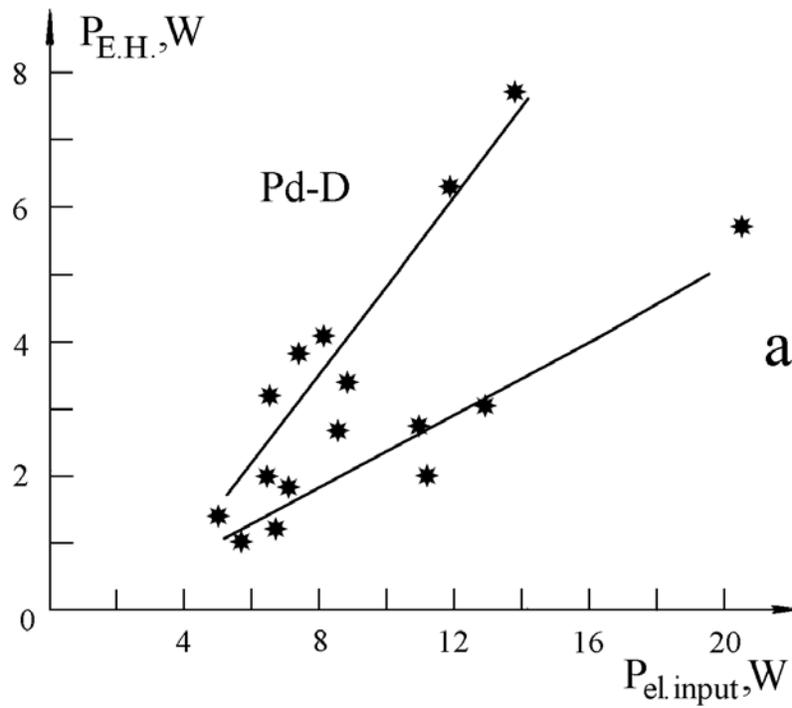
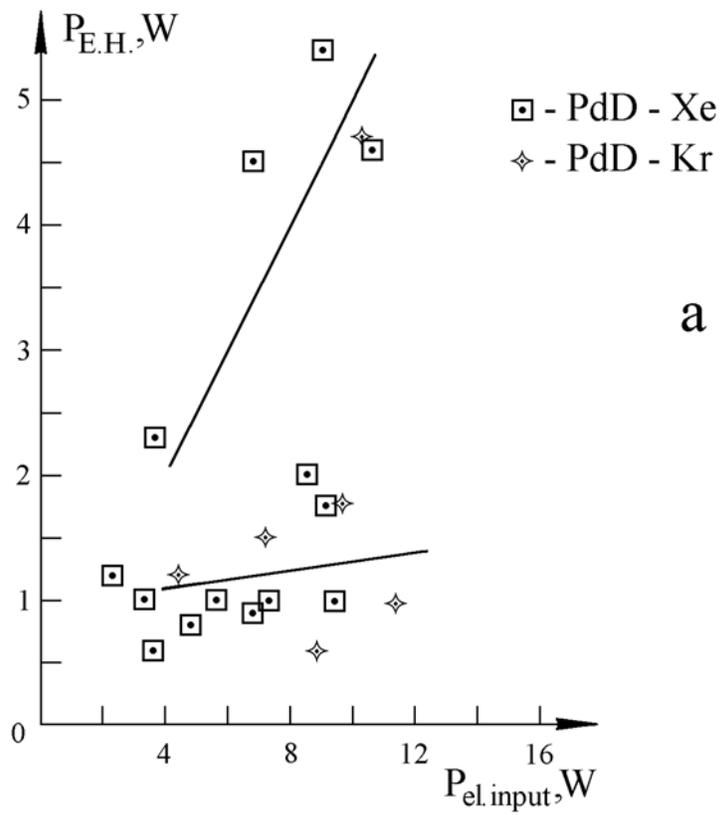
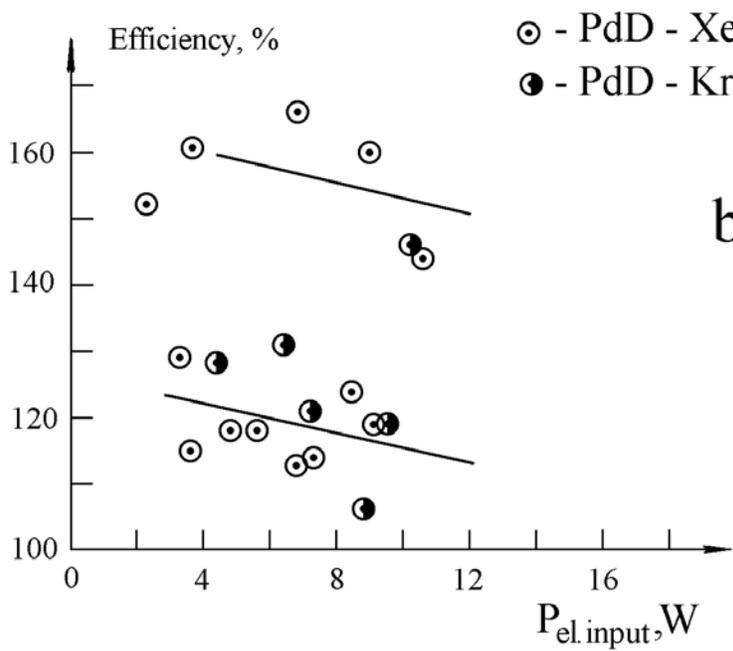


Рис.3. Зависимость избыточной тепловой мощности (а) и полного КПД (б) от введенной электрической мощности. Pd катодные образцы, разряд в D_2 .



a



b

Рис.4. Зависимость избыточной тепловой мощности (а) и полного КПД (b) от введенной электрической мощности. Предварительно дейтерированные Pd катодные образцы, разряд в Kr и Xe.

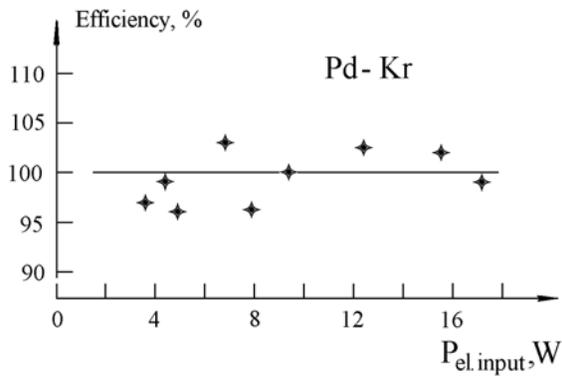


Рис.5. Зависимость полного КПД от введенной электрической мощности. Не дейтерированные Pd катодные образцы, разряд в Kr.

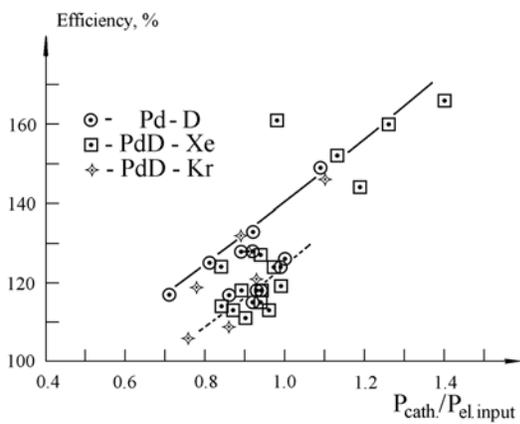
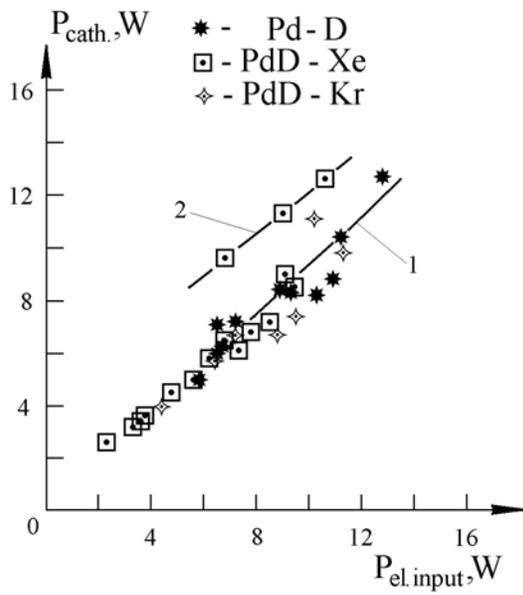


Рис.6. Зависимость избыточной тепловой мощности (а) и полного КПД (б) от параметра: отношение тепловой мощности выделяемой на катоде к введенной в разряд электрической мощности.

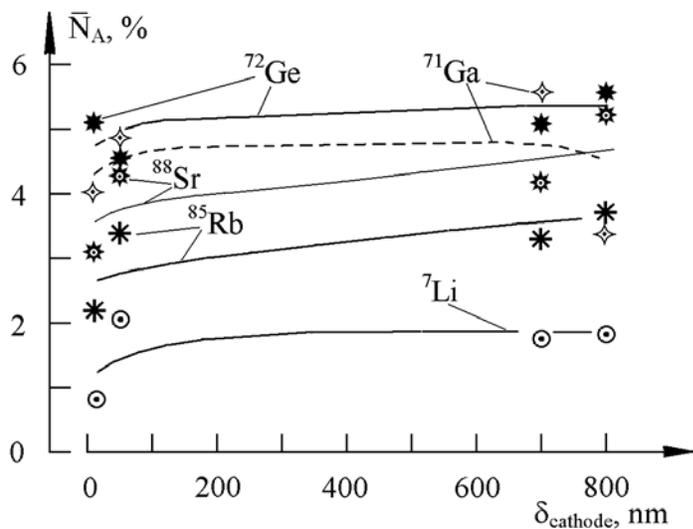


Рис.7. Изменение содержания примесных нуклидов нарабатанных в течении эксперимента в объеме приповерхностного слоя. Система Pd - D2, ток разряда 100 мА, время эксперимента 80000 с.

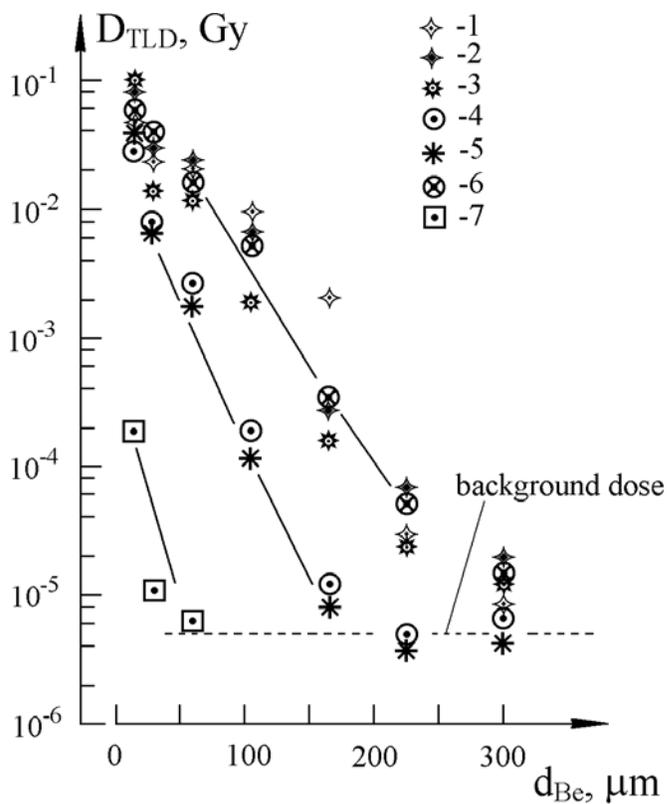


Рис.8. Доза рентгеновского излучения поглощенная термолуминисцентными детекторами закрытыми Be фольгами различной толщины; Pd-D система, ток разряда -200 мА, время экспозиции - 6000с. 1 - напряжение разряда 1750 В, 2 -1770 В, 3 - 1650 В, 4 - 1530 В, 5 - 1400 В, 6 - 1250 В, 7 - 800 В.

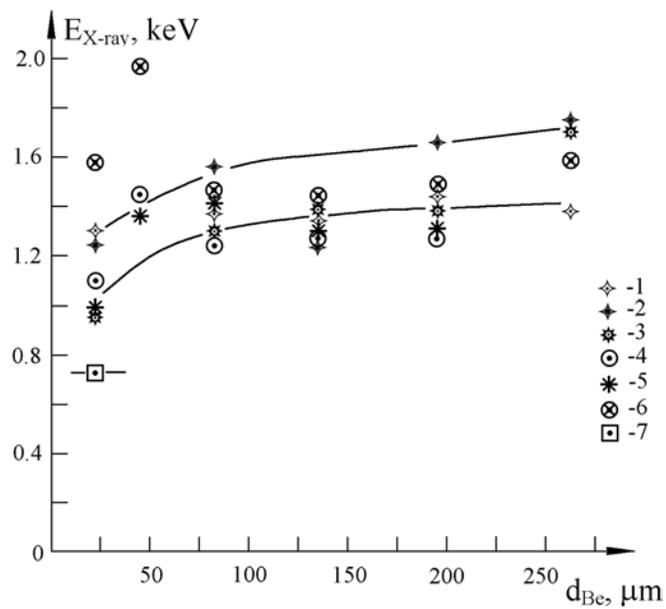


Рис.9. Энергия рентгеновского излучения определенная термолюминисцентными детекторами по поглощению в Be фольгах различной толщины. 1 - напряжение разряда 1750 В, 2 -1770 В, 3 - 1650 В, 4 - 1530 В, 5 - 1400 В, 6 - 1250 В, 7 - 800 В.

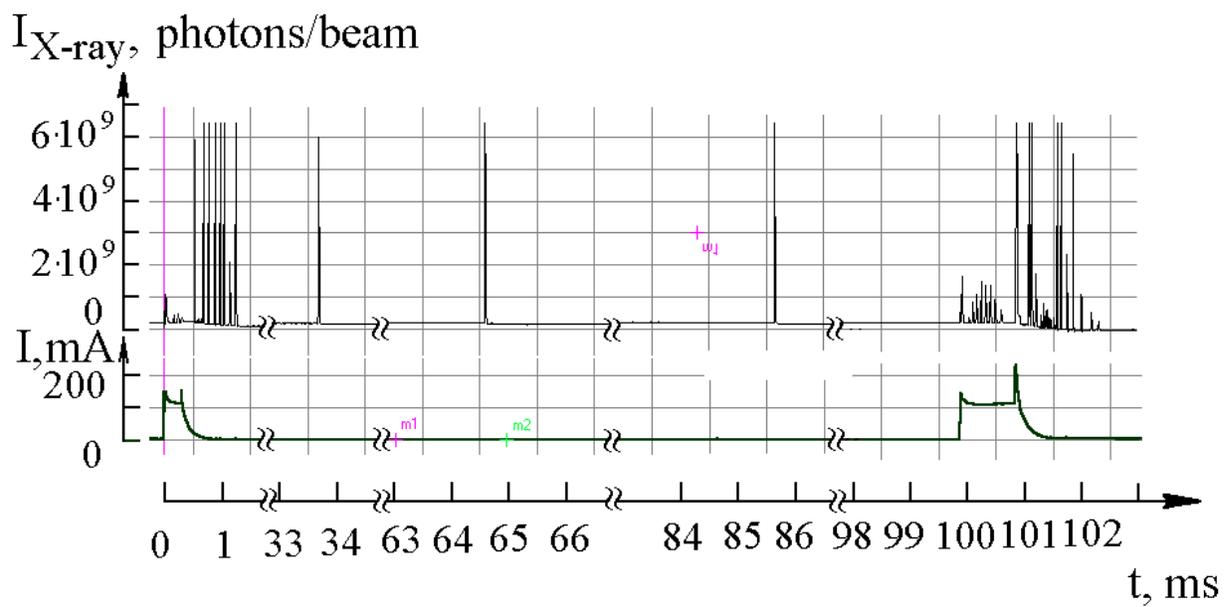


Fig. 10. Типичная осциллограмма X-ray вспышек спустя длительный промежуток времени после выключения тока разряда.

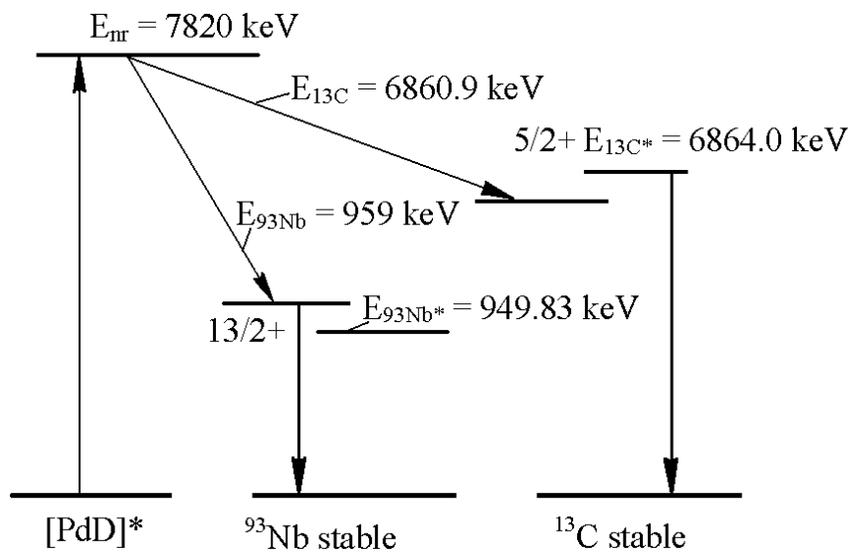


Fig. 11. Предполагаемая схема осуществления дальнедействующих (резонансных) ядерных реакций. 1 - энергия получаемая нуклидом после ядерной реакции, 2- энергия возбужденного ядерного уровня, 3 - ширина возбужденного ядерного уровня, 4 стабильное состояние ядерного уровня.