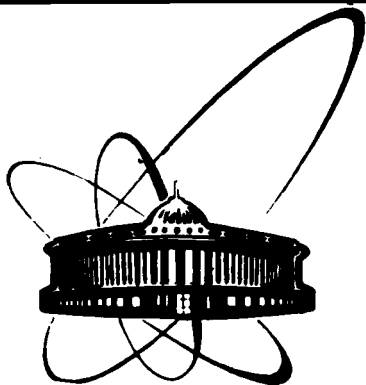


89-314



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б 89

Д15-89-314

В.Б.Бруданин, В.М.Быстрицкий, В.Г.Егоров,
В.А.Столупин, Ш.Г.Шамсутдинов, А.Л.Шишкин,
И.А.Ютландов

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ХОЛОДНЫЙ ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ?

Направлено в журнал "Physics Letters A"

1989

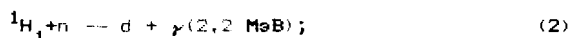
Введение

В течение последнего месяца (март-апрель) появились сообщения в прессе и научные публикации о том, что экспериментально обнаружен холодный ядерный синтез на катоде из палладия в процессе электролиза тяжелой воды D_2O . Согласно работам^{/1,2/} подтверждением этого являлись следующие экспериментальные наблюдения:

1. Превышение в 3-4 раза над уровнем фона скорости счета нейтронов, образующихся в реакции



2. Регистрация сцинтилляционным детектором NaJ(Tl) γ -квантов с энергией 2,2 МэВ, появление которых интерпретировалось авторами^{/1/} как результат взаимодействия нейтронов из реакции (1) с водой H_2O , используемой для охлаждения электролизера:



3. Повышенное содержание в D_2O трития, нарабатываемого по каналу синтеза:



По оценкам авторов^{/1/}, скорость наработки трития составляла $\sim 10^4$ атомов/с;

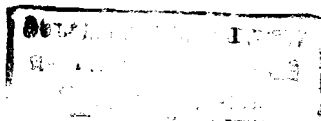
4. Значительное превышение мощности, выделяющейся в электролизере, по сравнению с мощностью, подводимой к нему.

Эти сообщения послужили толчком к проведению нами исследований данного феномена.

Постановка и результаты эксперимента

Нами были проведены 2 серии опытов: с электролизом тяжелой воды и с насыщением Pd газообразным дейтерием.

На рис.1 приведена схема экспериментальной установки, на которой был выполнен весь цикл исследований. Для регистрации нейтронов



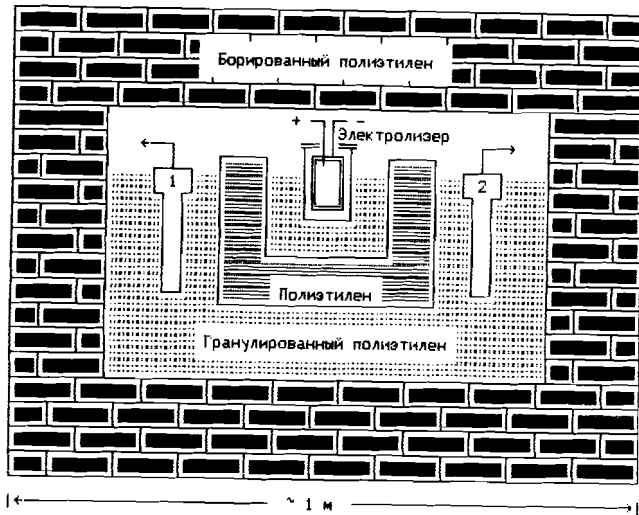


Рис. 1.

Общая схема установки. (1 и 2 - нейтронные детекторы).

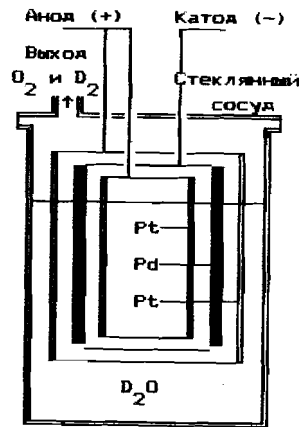


Рис. 2. Электролизер.

использовались два боросодержащих детектора СМД -14. Электролизер и детекторы нейтронов помещались в полиэтиленовый замедлитель, окруженный для защиты от внешнего нейтронного излучения борированным полиэтиленом. Эффективность регистрации нейтронов определялась экспериментально с помощью калиброванных источников ^{252}Cf и Pu-Be и составляла $3,2 \cdot 10^{-3}$ имп./н.

В первой серии проводился электролиз тяжелой воды D_2O (99,80% D_2O и смеси $\text{D}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ 1:1). Схема электролизера приведена на рис.2. В качестве катода использовался химически чистый Pd, а анода - платина. Катод представлял собой полый цилиндр диаметром 30 мм, высотой 42 мм и толщиной стенки 1 мм (объем $\sim 4 \text{ см}^3$), а анода - цилиндрическую платиновую сетку. Pd - катод размещался между двумя сетчатыми анодами. Количество D_2O в электролизере составляло 160 см^3 .

В различных экспозициях длительностью ~ 50 ч плотность тока варьировалась в диапазоне от 1 мА/см^2 до 125 мА/см^2 . В экспозициях с большими токами для увеличения электропроводности в D_2O добавлялась безводная сода Na_2CO_3 в диапазоне концентраций от $5 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ до $1,9 \cdot 10^{-1} \text{ М}$. Максимальная величина тока составляла 5 А.

Полученные результаты приведены в таблице 1.

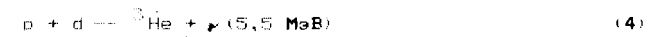
Таблица 1

	электролизер включен	электролизер выключен
число событий (имп/мин)	$(5.4 \pm 0.4) \cdot 10^{-2}$	$(4.8 \pm 0.6) \cdot 10^{-2}$

Из приведенных результатов следует, что если существует холодный ядерный синтез, то выход нейтронов, образующихся в реакции (1), на уровне 95% достоверности не превышает

$$\dot{n}_n \leq 2 \cdot 10^{-2} \text{ н/с} \cdot \text{см}^3 \text{ Pd}.$$

Из теоретических соображений следует, что вероятность реакции (4)



существенно выше вероятности реакции (1).

В связи с этим был проведен электролиз смеси $\text{D}_2\text{O}(50\%) + \text{H}_2\text{O}(50\%)$ с использованием того же электролизера. Идентификация процесса (4) осуществлялась путем регистрации γ -квантов с энергией 5,5 МэВ с помощью Be(Li) -детектора объемом 100 см^3 . В результате обработки γ -спектров, измеренных в течение 64ч, эффекта не обнаружено. На 95%

уровне достоверности интенсивность процесса не превышает $2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3} \text{ Pd}$.

Кроме того, нами в экспериментах с электролизом выполнены измерения рентгеновского излучения, обусловленного взаимодействием заряженных продуктов реакций (1) и (3) с атомами Pd. Регистрация излучения осуществлялась рентгеновским детектором из НРБс, объемом 1 см^3 .

На рис.3 приведен X-спектр, полученный в экспозиции с включенным электролизером. Измеренный спектр ничем не отличался от фонового: KX-излучение Pd не обнаружено.

Во второй серии проводилось насыщение Pd газообразным дейтерием. Предварительно осуществлялась вакуумно-термическая тренировка Pd путем нагрева его до температуры 750°C при давлении остаточного газа $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст. На рис.4 приведена схема используемого устройства.

Процесс насыщения Pd дейтерием проводился при давлении 1-2 атм и длился около 3 часов. В результате был получен дейтерид палладия состава PdD_{0,5}. Регистрация нейтронов синтеза производилась как в процессе насыщения Pd (~290 г) дейтерием, так и по окончании его. Различия в результатах измерений не обнаружено. Затем измерения были проведены при 250°C (при этом давление дейтерия в системе достигало 20 ат).

Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

масса Pd (г)	количество поглощенного дейтерия (л.ат)	отношение n_d/n_{Pd}	скорость счета (10^{-2} имп/мин)	
			Pd + d	Pd
293 (20°C)	30	0.5	10±2	10±2
293 (250°C)	30	0.5	38±4*	34±6*

* фоновые условия изменены

Основопологающие эксперименты, как известно, были выполнены с применением электролиза тяжелой воды, т.е. в системе, через которую пропусклся электрический ток. Учитывая возможную роль тока, был поставлен "эквивалентный" эксперимент с газообразным дейтерием. Через палладий (~130 г), насыщенный газообразным дейтерием и находящийся в атмосфере дейтерия, пропусклся ток до 9 А.

Полученные результаты представлены в таблице 3.

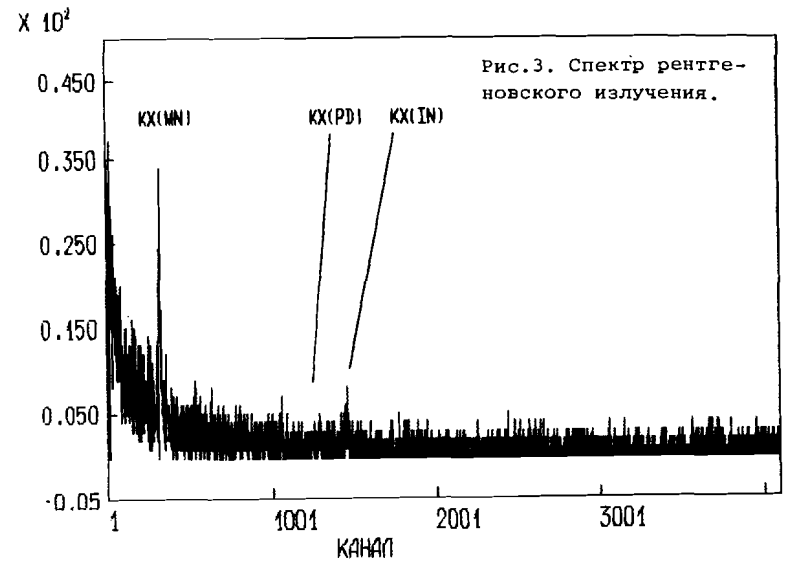


Рис.3. Спектр рентгеновского излучения.

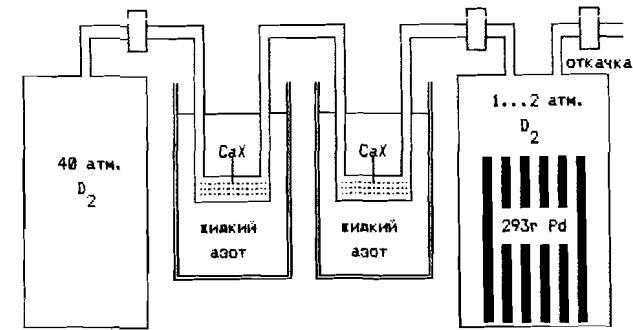


Рис.4. Устройство для насыщения палладия газообразным дейтерием.

Таблица 3

масса Pd	ток (А)	скорость счета нейтронов (10^{-2} имп/мин)	
		с током	без тока
130	4 + 9	7 ± 2	9 ± 2

Из приведенных в табл.2 и 3 данных следует, что выход нейтронов на 95% уровне достоверности не превышает $10^{-2} \text{ н/с} \cdot \text{см}^3 \text{ Pd}$

На основании полученных величин Q_n и Q_γ можно оценить скорости ядерных реакций (1) и (4) в расчете на один дейтрон и протон, соответственно:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_f^{dd} &\leq 6 \cdot 10^{-25} \text{ с}^{-1} \\ \lambda_f^{pd} &\leq 1.2 \cdot 10^{-25} \text{ с}^{-1} \end{aligned} \right\} \text{ в опытах с электролизом}$$

$$\lambda_f^{dd} \leq 3 \cdot 10^{-25} \text{ с}^{-1} \quad \left. \vphantom{\lambda_f^{dd}} \right\} \text{ в опытах с газообразным дейтерием}$$

Обсуждение

Рассматривая совокупность полученных результатов, можно сделать вывод, что как в экспериментах с электролизом D_2O , $D_2O + H_2O$, так и в опытах с газообразным дейтерием, на уровне 95% достоверности выходы нейтронов процесса d-d-синтеза и γ -квантов p-d-синтеза не превышают $2 \cdot 10^{-2}$ н/с·см³Pd и $2 \cdot 10^{-3}$ γ /с·см³Pd, соответственно. При такой величине эффекта становится необходимым детальное рассмотрение всех возможных источников фона. Кроме очевидных источников фона, таких, как космическое излучение, работающие ядерно-физические установки (ускорители, реакторы), остановимся на некоторых нетривиальных ситуациях. Например: тяжелая вода, используемая в эксперименте, является источником нейтронов под действием γ -квантов с энергией выше 2,23МэВ. Источником последних, кроме техногенных загрязнений, могут быть естественные радиоактивные изотопы, присутствующие в строительных материалах. Количественная оценка величины такого фона производилась нами на основании табличных данных и результатов измерений фоновое γ -излучения в лаборатории. В нашей лаборатории интенсивность γ -лучи линии ^{228}Th ($E_\gamma = 2,614$ МэВ) в спектре фоновое излучения составляет 3 γ /с в расчете на объем 160см³ D₂O в электролизере. Такая величина интенсивности γ -излучения соответствует выходу фотонейтронов $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ н/с. Нетрудно видеть, что если учесть возможные большие флуктуации содержания естественных радиоактивных нуклидов в строительных материалах, то сделанные оценки подтверждают необходимость корректного определения величины фона.

Другим возможным источником нейтронного фона являются реакции типа (α, n) на углероде и кислороде, происходящие под действием α -частиц, испускаемых эманациями и продуктами их распада, находящимися в воздухе помещений.

Согласно оценкам, для наших условий, при концентрации естественных радионуклидов в воздухе 10^{-13} Ки/л величина нейтронного фона составляет $\sim 10^{-5}$ н/с.

В работе [1] канал реакции (3) идентифицировался по накоплению трития в электролите. Такая постановка эксперимента должна исключать использование в качестве электролита, добавляемого для увеличения электропроводности воды, солей лития. Под действием космических нейтронов на ядрах 6Li протекает реакция (n, α) с образованием трития. Кроме того, старые соли лития могут уже содержать в себе заметные количества трития, накопившегося в нем за время хранения. Периодическая калибровка нейтронных детекторов, с помощью нейтронных источников, заметно ускоряет образование трития. Неучет этих обстоятельств может существенно исказить результат.

Подводя итог всему изложенному выше, можно сделать следующее вывод. Если и происходит холодный ядерный синтез в условиях, при которых мы проводили исследования, то вероятность его осуществления крайне мала, и рассматривать возможность использования данного явления для производства энергии в обозримом будущем несерьезно.

Может быть, имеются какие-то экспериментальные "тайны" холодного ядерного синтеза, известные только авторам работ [1, 2] и от которых зависит его эффективность? Разгадкой этих "тайн" занимаются сейчас многие лаборатории мира. Но, тем не менее, будут ли они отгаданы или нет, экспериментаторы должны дать корректную верхнюю оценку вероятности процесса холодного ядерного синтеза (если он все-таки происходит), величина которой определяется настоящими экспериментальными возможностями. Это представляет собой серьезную самостоятельную задачу, требующую длительного времени и специальных условий.

В заключение авторы выражают благодарность директору Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ профессору Ц.Вылову за поддержку и постоянный интерес к работе, В.Б.Беляеву, С.М.Коренченко, Б.С.Неганову и А.Н.Перевезенцеву за полезные дискуссии.

Литература

1. M. Fleischman, S. Pons, J. Electroanal. Chem. 1989, v. 261, p. 301.
2. S. E. Jones et al. Preprint AZPH-TH89-19-2.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 мая 1989 года.