

05;08;11;12

©1993 г.

## ГЕНЕРАЦИЯ ПРОДУКТОВ ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ КАВИТАЦИИ И ЭЛЕКТРОЛИЗА НА ПОВЕРХНОСТЬ ТИТАНА В ДЕЙТЕРИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ

*А.Г.Липсон, Б.Ф.Ляхов, Е.И.Саунин, Б.В.Дерягин,  
Ю.П.Топоров, В.А.Клюев, Д.М.Саков*

Установлено, что при комбинированном воздействии кавитации и электролиза в щелочных и кислых электролитах на основе  $D_2O$ , на поверхность титанового вибратора (катода) наблюдается воспроизводимая эмиссия нейтронов, сопровождающаяся постэффектом в течение  $\sim 10$  мин с максимальной интенсивностью  $\sim 0.6$  н/с. Наблюдаются также отдельные вспышки нейтронов, достигающие  $10^3$  нейтронов во временном интервале 1 мс. Проведен анализ  $\beta$  активности щелочных электролитов после комбинированного воздействия на титановый катод. Показано, что в данном процессе наблюдается достаточно интенсивное образование трития со скоростью, достигающей  $10^7$  с $^{-1}$ .

### Введение

Ранее нами было установлено, что при кавитационном воздействии на дейтерийсодержащие среды наблюдается слабая нестационарная эмиссия нейтронов [1]. Интенсивность и характер такой эмиссии сопоставимы с аналогичными параметрами нейтронных потоков, которые регистрируются при электролитических процессах на титановых и палладиевых электродах в  $D_2O$  [2,3]. Вместе с тем проблема регистрации аномальных ядерных эффектов в системе металл-дейтерий (в частности, при электролизе и газонасыщении) во многом осложнена плохой воспроизводимостью результатов [4,5]. Это связано с тем, что поверхность используемых в работе металлических образцов в различных условиях эксперимента демонстрирует различное поведение, зависящее от способа приготовления образцов, их дефектности, а также степени неравновесности условий эксперимента [4-7]. В этой связи решающее значение для получения воспроизводимых результатов может иметь наличие у образцов возбужденной свежееобразованной поверхности. Преимущества такого рода процесса (постоянного образования свежей поверхности) для генерации нейтронных потоков продемонстрировано в наших предыдущих работах [1,8-10].

Одним из возможных вариантов получения свежей поверхности является процесс кавитации, сопровождаемый эрозией вибратора с образованием на нем пленки дейтерида титана. Недостатками этого процесса с точки зрения генерации нейтронов являются большой инкубационный период эффекта ( $\sim 20$  ч) [1], слабая интенсивность и недостаточная воспроизводимость процесса.

В связи с этим представлялось целесообразным совместить кавитационные процессы с процессами электролиза, поскольку в условиях электролиза интенсивность кавитационной эрозии может возрасти [1]. Кроме того, применение электролиза приводит к достаточно быстрому образованию на поверхности титанового вибратора пленки  $TiD_x$ , с которой могут взаимодействовать кавитационные пузырьки. Оба этих процесса должны также интенсифицировать и протекание ядерных реакций.

Как будет показано ниже, при комбинированном воздействии кавитации и электролиза на титановый катод в дейтерированных электролитах удастся получить воспроизводимую эмиссию нейтронов в щелочных и кислых электролитах, а также нарабатывать тритий в наблюдаемых количествах в щелочном электролите.

### Экспериментальная часть

В работе использовался магнитострикционный титановый вибратор (изготовленный из титана коммерческой чистоты), подключенный к ультразвуковому генератору УЗДН-1. Рабочая частота составляла 15 кГц. Амплитуда смещения горца вибратора равнялась  $\sim 15$  мкм, так что плотность мощности на вибраторе была  $\sim 1$  Вт/см<sup>2</sup>. Вибратор служил непосредственно катодом электролитической ячейки с разделенными (стеклянным фильтром) катодным и анодным пространствами (рис. 1). Анодом служила платиновая пластина размером  $2 \times 4$  см. В качестве электролитов использовались 1 М-раствор NaOD в D<sub>2</sub>O и 0.2 М-раствор D<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в D<sub>2</sub>O. Чистота реактивов следующая: D<sub>2</sub>O 99.9%, NaOD 99.5%, D<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 99.4%. Диапазон рабочих плотностей тока при электролизе  $j = 1-100$  мА/см<sup>2</sup>. Вибратор погружался в электролит катодного пространства ячейки объемом 200 см<sup>3</sup> на глубину 3 см и имел площадь основания 2 см<sup>2</sup> (общая площадь погруженной части вибратора  $\sim 4$  см<sup>2</sup>). Ячейка была снабжена кожухом водяного охлаждения, так что температура внутри нее была постоянна и составляла  $10 \pm 1^\circ$  С. В некоторых экспериментах с целью изучения возможности усиления эффекта механической активации вибратора [1] использовался порошок ультрадисперсного Ti (размер частиц 200 Å), который вводился в катодное пространство ячейки в количестве 70 г/л (щелочной электролит). В контрольных экспериментах использовали режим анодной поляризации (выделение кислорода на титане), а также обычный режим с вибратором, покрытым слоем гальванического никеля толщиной 30 мкм.

Аппаратура регистрации нейтронов и процедура калибровки счетчиков Po-Be источником нейтронов описаны нами ранее в [1,8-10]. Блок счетчиков нейтронов (состоящий из 7 борных счетчиков) размещался в непосредственной близости от ячейки (на расстоянии  $3 \pm 1$  см). В используемой геометрии эффективность детектора составила  $1.2 \pm 0.3\%$ . С целью уменьшения естественного нейтронного фона была применена пас-

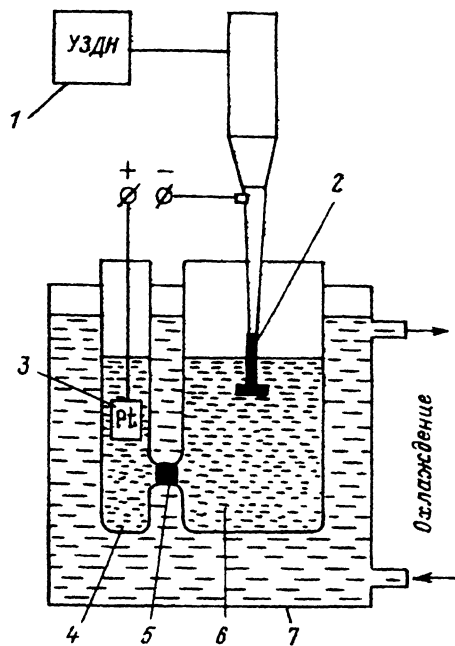


Рис. 1. Схема электролитической ячейки.

- 1 — ультразвуковой генератор,
- 2 — вибратор,
- 3 — анод,
- 4 — анодная камера,
- 5 — стеклянный фильтр,
- 6 — катодная камера,
- 7 — термостат.

сивная защита из полиэтилена и кадмия. Среднее значение естественного нейтронного фона за 3 месяца наблюдений составило  $n_{\phi} = 0.01221 \pm \pm 0.0025$  отсч/с. Флуктуации нейтронного фона не превышали двух стандартных отклонений выше уровня фона. Счет нейтронов осуществляется как в некоррелированном режиме, так и с использованием временной привязки (интервал  $\sim 1$  мс). За 3 месяца мониторинга естественного фона в этом временном интервале нами наблюдались 50 двухнейтронных событий, 4 трехнейтронных и не одного события, связанного с одновременным приходом четырех и более импульсов нейтронов (амплитуда импульсов 0.4–0.6 В, длительность  $\sim 1$  мкс). Измерения естественного фона осуществлялись регулярно перед началом экспериментов, в промежутке между ними и после их окончания, в режиме снятия рабочего вибратора и помещении на его место точно такого же, но не использовавшегося в экспериментах по кавитации и электролизу. Вся работа проводилась при фиксированной относительной влажности  $\sim 50\%$  с использованием вытяжной вентиляции в условиях использования автономного контура заземления, не включенного в общую распределительную сеть нашего здания.

Измерения содержания трития приводились методом жидкостной сцинтилляции (только для щелочных электролитов, не дающих осадка при нейтрализации) на установке “Бета-1”, имеющей эффективность  $\sim 25\%$ . Нейтрализация щелочных растворов после взятия пробы осуществлялась с помощью органических кислот (яблочной, винной, янтарной) до  $\text{pH} \sim 7$ . При этом изменение объема пробы не превышало 20%. Калибровка установки проводилась с помощью стандартного метрологического источника (тритиевой воды). Образцы представляли собой ампулы, заполненные жидкостным сцинтиллятором ЖС-8И и анализируемой пробой. При этом скорость счета пробы определялась как  $I_p = I_s - I_b$ , где

**Таблица 1.** Параметры эмиссии нейтронов при кавитации и электролизе в  $M$ -растворе  $\text{NaOD}$  в  $\text{D}_2\text{O}$

Параметр	Режим			
	кавитация	постэффект	кавитация в дисперсии $T_1$	постэффект в дисперсии $T_1$
$\bar{N}$ , отсч/с	$0.017 \pm 0.03$	$0.019 \pm 0.004$	$0.0019 \pm 0.005$	$0.016 \pm 0.004$
$n_0$ , н/с(26)	0.04	0.04	0.04	0.04
$n$ , н/с	$0.4 \pm 0.1$	$0.6 \pm 0.1$	$0.6 \pm 0.2$	$0.3 \pm 0.1$
$L$ , $\sigma$	20.5	30.0	30.0	15.3

$I_s$  — скорость счета ампулы с пробой и ЖС-8И,  $I_b$  — скорость счета ампулы с чистым ЖС-8И. Анализ проб проводился одновременно с проверкой на пропорциональность зависимости скорости счета от объема проб. Экспериментально установлено, что оптимальному соотношению при анализе растворов удовлетворяет следующее: объем ЖС-8И 20.0 мл, объем пробы 1.06 мл. Измерения трития осуществлялись в течение 6 месяцев без изменения средней скорости счета анализируемых проб в пределах  $3\sigma$ .

Подготовка вибратора (катода) перед началом экспериментов по “холодному синтезу” заключалась в следующем: абразивная шлифовка поверхности вибратора; травление в концентрированной  $\text{D}_2\text{SO}_4$  в течение 10 мин, промывка в  $\text{D}_2\text{O}$ , кавитация в используемом электролите в течение 10 мин. Эта процедура в указанном порядке повторялась через каждые 10 ч работы вибратора в режиме кавитация+электролиз с целью очистки его поверхности.

Оптимальным алгоритмом экспериментов являлся следующий:  $I$  — 30 мин, электролиз;  $II$  — 10 мин, кавитация;  $III$  — 10 мин, электролиз (постэффект), далее многократно повторялись циклы  $I-III$ .

### Обсуждение результатов

Эксперименты показали, что устойчивой эмиссии нейтронов, превышающей  $3\sigma$  фона в процессе кавитации, можно добиться уже через 1–2 цикла  $I-III$  в отличие от чистой кавитации, используемой ранее [1], где инкубационный период, в течение которого не наблюдается эмиссия нейтронов, составлял 15–20 ч. Всего за 3 месяца экспериментов проделано 600 таких циклов, так что суммарная продолжительность режимов кавитации и постэффекта составила не менее 100 ч для каждого. Полученные данные представлены в табл. 1 и 2 (для щелочного и кислого электролитов соответственно).

Как видно из табл. 1 и 2, в режиме кавитации эмиссия нейтронов наблюдается с высокой степенью достоверности, достигающей значений 20–25 $\sigma$  выше уровня фона, как для кислого, так и для щелочного электролитов. Отметим, что за уровень фона в табл. 1,2 принималась скорость счета нейтронов, полученная при электролизе в режиме  $I$ , усредненная по времени  $\tau \approx 100$  ч и практически не отличимая от значения естественного фона ( $n_I = 0.013 \pm 0.002$  отсч/с).

Результаты, полученные для режимов (по 100 ч каждый) кавитации и электролиза суммированы в виде гистограмм распределения импульсов

**Таблица 2.** Параметры эмиссии нейтронов при кавитации и электролизе в 0.2 М-растворе D<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в D<sub>2</sub>O

Параметр	Режим	
	кавитация	постэффект
$\bar{N}$ , отсч/с	0.018 ± 0.004	0.014 ± 0.004
$n_0$ , н/с	0.04	0.04
$n$ , н/с	0.5 ± 0.1	0.1 ± 0.06
$L$ , σ	25.2	4.1

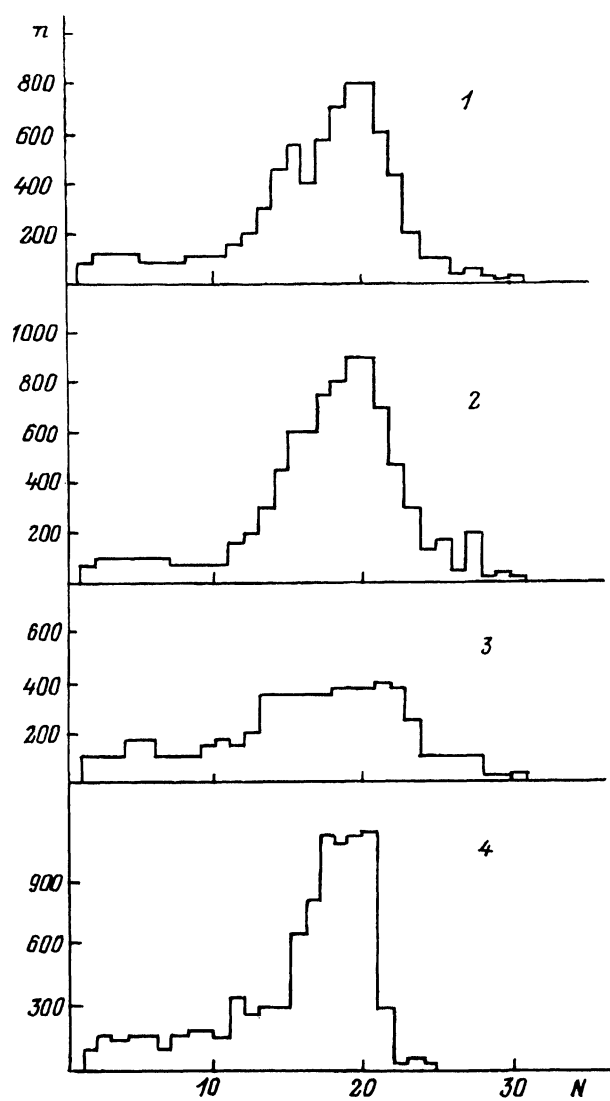
Примечание.  $\bar{N}$  — усредненное за время  $\tau = 100$  число отсчетов в с, полученное для каждого вида работы;  $n_0 = 2\sqrt{\frac{N_\Phi}{E^2\tau}}$  — уровень достоверности измерений ( $N_\Phi = 0.013 \pm 0.003$  отсч/с);  $n = (\bar{N} - N_\Phi)/E$ ;  $L$  — величина эффекта, выраженная как число стандартных отклонений ( $\sigma = 1/2n_0$ ) выше уровня фона.

по каналам амплитудного анализатора на рис. 2. Как видно из рис. 2, в случае кавитации (режим *II*) и постэффекта (*III*) в щелочном электролите амплитудные спектры импульсов нейтронов подобны амплитудному спектру, полученному от “источника нейтронов” (рис. 2) с максимумами в 18–20 каналах. В случае “чистого” электролиза (режим *I*) амплитудный спектр представляет собой практически амплитудный спектр естественного фона с плохо выраженным максимумом.

Применение ультрадисперсного порошка титана в щелочных электролитах позволяет повысить эффект до  $30\sigma$ . Кроме того, в процессе кавитации в данном случае в 12 десятиминутных циклах из 1200 в режимах *II* и *III* при использовании временной привязки (окно  $\sim 1$  мс) наблюдались разовые вспышки нейтронов (от 5 до 11 импульсов), разделенные временными интервалами порядка нескольких мкс. С учетом эффективности детектора это соответствует  $5 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$  нейтронам во временном интервале  $\sim 1$  мс, что превосходит среднее значение естественного фона во многие тысячи раз. Отметим, что в 20 циклах наблюдались четырехимпульсные события.

Как уже отмечалось выше, в процессе мониторинга естественного фона с использованием временной привязки в течение 3 месяцев не отмечалось событий, связанных с приходом более 3 импульсов во временном интервале 1 мс. В то же время при кавитации в некоторых случаях регистрировался одновременный приход 4–5 импульсов, однако вероятность этих событий не превышала  $\sim 1\%$ . К сожалению, пока не удалось добиться достаточной воспроизводимости таких вспышек. Отметим, что наличие многонейтронных событий (вспышек) в узких временных интервалах является характерной особенностью процессов холодного ядерного синтеза [12,13].

В дальнейшем нами было исследовано влияние проводимого одновременно с кавитацией электролиза на генерацию нейтронов. Установлено, что при малых плотностях тока на катоде ( $j < 2 \text{ мА/см}^2$  для (1 М) NaOD и  $j < 10 \text{ мА/см}^2$  для (0.2 М) D<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) влияние электролиза на величину эффекта в режиме кавитации отсутствует для обоих видов электролитов. При больших значениях плотности тока величина эффекта резко снижа-



**Рис. 2.** Гистограммы распределения импульсов по каналам амплитудного анализатора.  
 1 — амплитудный спектр в режиме III,  
 2 — в режиме II,  
 3 — в режиме I,  
 4 — амплитудный спектр Po-Be — источника нейтронов.

ется практически до фоновых значений для обоих электролитов. Это связано, по-видимому, с тем, что в процессе электролиза у поверхности вибратора (катода) возникает газовая “подушка” от электролитически выделяемого дейтерия, которая препятствует проникновению кавитационных пузырьков к его поверхности и взаимодействию с ней.

Обращает на себя внимание (табл. 1,2) четко установленное наличие постэффекта при включении электролиза сразу же после остановки кавитации (режим III), не наблюдаемого при кавитационных воздействиях в отсутствие электролиза [1]. Наиболее отчетливо постэффект выражен в щелочном электролите (эффект  $30\sigma$ ) и в гораздо меньшей степени в кислом ( $\sim 5\sigma$ ). Было показано, что для щелочного электролита оптимальная плотность тока электролиза составила 20–30 мА/см<sup>2</sup>. При более низ-

ких плотностях тока ( $j \leq 10 \text{ mA/cm}^2$ ) эффект исчезает, в то время как при более высоких плотностях тока также наблюдается падение интенсивности эмиссии нейтронов. Последнее обстоятельство можно связать с тем, что в щелочных электролитах при  $j > 30 \text{ mA/cm}^2$  имеет место ускоренная молизация водорода (дейтерия) [14], которая снижает скорость его проникновения в поверхностный слой вибратора.

Для кислотного электролита (табл. 2) максимальный счет нейтронов наблюдался при плотности тока электролиза  $j = 100 \text{ mA/cm}^2$ . Это связано с тем, что в кислых электролитах торможение за счет ускоренной молизации отсутствует.

Средняя длительность постэффекта составляла 10 мин, что соизмеримо со временем обнаруженного нами ранее явления эмиссии нейтронов, наблюдаемой после прекращения механического воздействия на титан в дейтерийсодержащей среде [8-10]. В ходе дельнейшего электролиза (режим I) наблюдаются практически фоновые значения скорости счета нейтронов.

В контрольных экспериментах, проведенных в режиме анодной поляризации (АП) (кислород выделяется на титане), а также в обычном режиме с вибратором, покрытым гальваническим никелем (ГП), при использовании того же алгоритма экспериментов (режимы I-III) достоверного превышения над фоном нами получено не было как при кавитации, так и в постэффекте. Средние значения скорости счета нейтронов за время  $\tau = 50$  час для обоих видов контрольных экспериментов составили соответственно  $\bar{N}_{\text{АП}} = 0.012 \pm 0.004$  отсч/с,  $\bar{N}_{\text{ГП}} = 0.013 \pm 0.003$  отсч/с.

Таким образом, на основании полученных данных можно утверждать, что при комбинированном воздействии кавитации и электролиза на поверхность титанового вибратора (катода) наблюдается воспроизводимая (на 80-90%) эмиссия нейтронов как в процессе кавитации, так и некоторое время после ее прекращения. Наличие постэффекта в свою очередь указывает на возможные пути усиления эмиссии нейтронов в процессе электролитического насыщения титана дейтерием за счет механической активации поверхности титана, поскольку при обычном электролизе нами не зафиксировано достоверного превышения счета над уровнем фона.

Следующая часть работы была посвящена измерению содержания трития в щелочном электролите (1М) NaOD при комбинированном воздействии на него кавитации и электролиза. Следует отметить, что накопление трития, оцененное по его содержанию в электролите, следует рассматривать как минимально возможное в данном процессе. Это следует из того, что в наших измерениях не учитывается тритий, покинувший электролит, благодаря испарению и абсорбции его титаном.

В качестве контрольных образцов снимались пробы исходного электролита (1М-раствор NaOD в D<sub>2</sub>O, образец 1), а также пробы электролита, растворенного в обычной воде H<sub>2</sub>O (образец 2). В качестве рабочих образцов использовали пробу электролита, через который было пропущено количество электричества, равное  $26.5 \text{ A} \cdot \text{ч/л}$  при  $j = 30 \text{ mA/cm}^2$  на пластинчатый Ti катод площадью  $4 \text{ cm}^2$  — чистый электролиз (образец 3); пробы электролита после комбинированного воздействия кавитации и электролиза на титановый вибратор — кавитация 370 мин, электролиз  $26.5 \text{ A} \cdot \text{ч/л}$ ,  $j = 30 \text{ mA/cm}^2$  (образец 4); пробы электролита после комбинированного воздействия кавитации и электролиза на титановый вибратор

**Таблица 3.** Результаты измерения  $\beta$ -активности электролита после воздействия электролиза (Э) и кавитации (К) на титановый электрод

Номер образца	Состав электролита	Воздействие	$J$ имп/с · мл
1	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	—	0.6
2	H <sub>2</sub> O + 1MNaOD	—	0.0
3	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	Э	1.3
4	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	Э+К	2.1
5	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	Э+К с порошком Ti	2.5

(катод) в присутствии порошка ультрадисперсного титана 70 г/л — кавитация 550 мин. электролиз 31 А · ч/л,  $j = 30$  мВ/см<sup>2</sup> (образец 5). Результаты измерений для этих образцов суммированы в табл. 3. Как видно, активность рабочих образцов значительно превосходит активность контрольных. При этом максимальной активностью обладают образцы 4,5, подвергшиеся кавитационной обработке. С учетом калибровочных характеристик установки и ее эффективности нетрудно оценить скорость наработки трития, наблюдавшуюся для рабочих образцов 4 и 5 отдельно для кавитационных и электролитических процессов, поскольку время обоих процессов известно. Как видно из табл. 4, скорость наработки  ${}^3\text{T}$  в процессе кавитации  $V_c$  превосходит в 7 раз аналогичный параметр  $V_e$  для электролиза. Однако при определении  $V_e$  нами не учитывалось наличие постэффекта на образцах 4,5, подвергавшихся комбинированному воздействию кавитации и электролиза, поскольку для определения использовался образец 3, для которого проводился чистый электролиз в отсутствие кавитационного воздействия. Поэтому значение  $V_e$  для образцов 4 и 5 может быть несколько занижено.

Отметим также, что для образца 5 вероятность сорбции трития из раствора гораздо выше, чем для образца 4, поскольку образец 5 содержал ультрадисперсный порошок Ti. В связи с этим скорость наработки трития для него может быть также гораздо выше.

Таким образом, при комбинированном воздействии кавитации и электролиза на титан в щелочном дейтерированном электролите наряду с эмиссией нейтронов наблюдается достаточно интенсивное образование трития со скоростью на 7–8 порядков выше скорости генерации нейтронов.

**Таблица 4.** Скорость наработки трития в электролите при воздействии на титан электролиза (Э) и кавитации (К)

Номер образца	Состав электролита	Количество трития · 10 <sup>-7</sup> с <sup>-1</sup>	
		кавитация	электролиз
1	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	—	—
2	H <sub>2</sub> O + 1MNaOD	—	—
3	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	—	0.20 ± 0.07
4	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	1.4 ± 0.3	0.21 ± 0.07
5	D <sub>2</sub> O + 1MNaOD	1.5 ± 0.3	0.25 ± 0.08



## Закключение

Полученные в работе данные позволяют сделать вывод о том, что при комбинированном воздействии кавитации и электролиза на поверхность титанового вибратора (катода) в дейтерийсодержащих электролитах в условиях стандартизированной процедуры подготовки поверхности вибратора и при переменном чередовании обоих видов воздействия на вибратор с высокой степенью достоверности наблюдаются продукты “холодного синтеза” по каналам реакций  $d(d, n)\text{He}^3(1)$  и  $d(d, p)\text{T}^3(2)$ . Установлено влияние свежеобразованной поверхности на интенсивность ядерных процессов при электролитическом насыщении титана дейтерием. Обращает на себя внимание полученное соотношение каналов реакций (1) и (2)  $n/T \approx 10^{-7} - 10^{-8}$ , что находится в хорошем соответствии с аналогичным соотношением, установленным для электролиза на Pd в щелочных электролитах [7,15].

Что касается механизма процесса, то, как указывалось нами ранее [1], не исключено, что он связан с инжекцией ускоренных до энергий 1–10 кэВ дейтронов в поверхностный слой титана из кавитационных пузырьков при их схлопывании. В случае постэффекта (электролиз сразу же по прекращении кавитации) можно предположить схлопывание насыщаемых дейтерием вакансионных полостей в приповерхностном слое (кавитационный механизм) [1]. В данных моделях, однако, не удается дать разумное истолкование наблюдаемому соотношению  $n/T$ , поскольку они предполагают равновероятность реакций по каналам (1) и (2). В связи с этим можно было бы предположить возможный вариант превалирования канала (2) над каналом (1). В данном варианте следует представить возможность появления хотя бы кратковременно достаточно высоких давлений в отдельных микрообластях приповерхностного слоя образцов, в результате чего большинство нейтронов, образующихся по каналу (1), будет быстро замедлено, “вдавлено” в окружающие их дейтроны с образованием трития по реакции  $d(n\gamma)\text{T}$  [16,17] либо захвачено ядрами металла [18]. В таком процессе не должно наблюдаться значительной эмиссии протонов, которые, также захватывая нейтроны, будут превращаться в дейтроны. Если предположить дополнительно, что энергия, выделяемая в процессах захвата нейтронов, может передаваться решетке как единому целому [19], то интенсивность жесткого гамма-излучения будет сведена к минимуму.

Вне зависимости, однако, от реального механизма явления комбинирование процессов насыщения титана дейтерием с механоактивацией его поверхности является перспективным для усиления интенсивности эффекта “холодного синтеза” и должно привести, таким образом, к получению дополнительной информации для его понимания.

### Список литературы

- [1] Липсон А.Г., Клюев В.А., Дерягин Б.В. и др. // Пимьма а ЖТФ. 1990. Т. 16. Вып. 19. С. 89–94.
- [2] Jones S.E., Palmer E.P., Czirr G.B. et al. // Nature. 1989. Vol. 338. P. 737–739.
- [3] De Ninno A., Frattolillo A., Lollobatista G. // Europhys. Lett. 1989. Vol. 9. P. 221–223.
- [4] McCrachen G.M., Croft S., Gibson A. et al. // Preprint CLM-P864. Culham Laborat. (England), 1989.
- [5] Brudanin V.B., Bystrytsky V.M. et al. // Phys. Lett. A. 1990. Vol. 146. N 6. P. 351–353.

- [6] *Menlone H.O., Eowler M.M., Garcia E. et al.* // LANL Preprints. LA-UR89-1974. LA-UR89-3633.
- [7] *Царев В.А.* // УФН. 1990. Т. 160. № 11. С. 1-52.
- [8] *Derjaguin B.V., Lipson A.G., Kluev V.A. et al.* // Nature. 1989. Vol. 341. P. 492.
- [9] *Липсон А.Г., Клюев В.А., Дерягин Б.В. и др.* // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. Вып. 17. С. 54-57.
- [10] *Липсон А.Г., Саков Д.М., Клюев В.А. и др.* // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. Вып. 11. С. 586-590.
- [11] *Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф.* Кавитация. М.: Мир, 1974. 687 с.
- [12] *Артюхов В.И., Быстрицкий В.М., Бруданин В.Б. и др.* Препринты ОИЯИ. № Д-5-91-289, 290. Дубна, 1991.
- [13] *Jones S.E. Abstr. Anomalous Nuclear Effects in Deuterium* // Solid Systems. Int. Progr. Rev. Provo (USA), 1990. P. 27.
- [14] *Кудрявцев В.Н., Ваграмян А.Т., Балакин Ю.П.* // Защита металлов. 1965. Т. 11. № 5. С. 477-482.
- [15] *Вокрис J.O.M.* // Fusion Technol. 1990. Vol. 18. P. 11-20.
- [16] *Липсон А.Г., Кузнецов В.А., Дерягин Б.В.* // ДАН СССР. 1991. Т. 318. № 3. С. 636-639.
- [17] *Russel J.L.* // Ann. Nucl. Energy. 1990. Vol. 17. N 10. P. 545-547.
- [18] *Jackson J.* // Nature. 1989. Vol. 339. P. 345-346.
- [19] *Hagelstein P.L.* // MIT Preprint. Cambridge, 1989.
-