

ПОЛУЧЕНИЕ ГАЗА УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ
НА ИМПУЛЬСНОМ РЕАКТОРЕ ТИПА ИИН

А. В. Антонов, О. Ф. Галкин, А. Е. Гурей, А. И. Исаков,
В. Н. Ковыльников, В. И. Микеров, А. А. Тихомиров

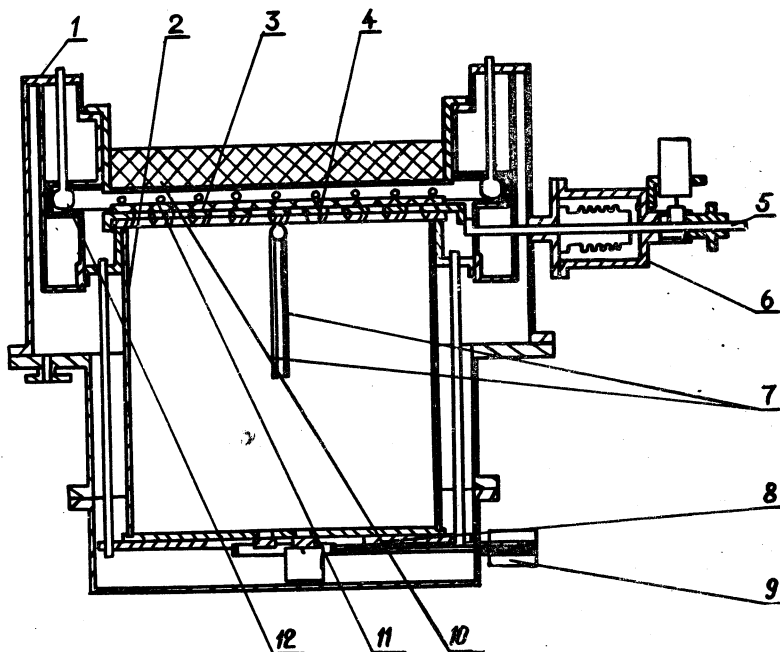
УДК 539.074

Впервые осуществлена предложенная в ФИАНе методика накопления газа из ультрахолодных нейтронов (УХН) на импульсном реакторе типа ИИН. Разработана уникальная установка, первые эксперименты с которой показали перспективность метода для накопления и удержания в ловушке значительного числа УХН и получения нейтронного газа с плотностью, пока недостижимой другими известными методами.

Метод получения газа УХН на импульсном реакторе типа ИИН был предложен авторами в работе /1/. Этот метод существенно отличается от обычно применяемого метода получения газа УХН на стационарных реакторах и в ряде отношений обладает перед ним преимуществами. Ниже показано, что предложенная методика открывает уникальные возможности как для накопления значительного числа УХН в ловушке, так и для получения газа из УХН высокой плотности. Эти возможности обусловлены несколькими причинами. Как указывалось еще в работе /1/, в установке для импульсного реактора типа ИИН можно практически полностью ликвидировать отток УХН из ловушки во время их накопления, сравнительно легко увеличить эффективность генерации УХН путем охлаждения до низких температур излучающего их конвертора. Существенно, что последний при этом располагается в непосредственной близости от ловушки, вследствие чего отпадает необходимость использовать нейтроноводы, которые всегда ослабляют нейтронный поток.

В настоящей работе описывается экспериментальная установка, разработанная и созданная в Нейтронно-Физической лаборатории ФИАН для работы с растворным импульсным реактором типа ИИН-1 /2/. Этот реактор дает импульс быстрых нейтронов длительностью

2 мсек с интегральным нейтронным выходом 10^{17} н. Средняя энергия нейтронов ~ 1 МэВ. Экспериментальная установка представляет собой цилиндрической формы контейнер из нержавеющей стали



Р и с. 1. Экспериментальная установка для накопления УХН. I - корпус установки; 2 - медная ловушка; 3, 4 - быстродействующий затвор; 5 - шток; 6 - сильфонный узел; 7 - медленный затвор; 8 - устройство перемещения фильтров; 9 - соленоид; 10 - блок замедлителя; 11 - конвертор; 12 - система охлаждения конвертора

(рис. 1). Внутри контейнера расположена цилиндрическая медная ловушка 2 (диаметр 40 см, высота 40 см). Верхней крышкой служит быстродействующий затвор (3, 4). Затвор представляет собой две стальные решетки, подвижную (3) и неподвижную (4), покрытые медью гальваническим способом, имеющие через каждый сантиметр прорезы шириной 1 см. В зависимости от взаимного положения ре-

шток (3 и 4) затвор будет либо открыт, либо закрыт. Закрывание быстродействующего затвора синхронизовано с импульсом реактора и осуществляется пневматически (с помощью штока 5 и сильфонного узла 6). Время закрывания составляет ~ 20 мсек. При закрывании быстродействующего затвора трудно обеспечить достаточно плотное прилегание верхней и нижней решеток. Возникающие в местах неполного прилегания щели могут привести к дополнительной утечке нейтронов. Для того, чтобы уменьшить эту утечку, в ловушке установлен так называемый медленный затвор (7), изготовленный из двух медных пластин соответствующей формы. В открытом состоянии пластины опущены, в закрытом — подняты. Время закрывания медленного затвора 2 сек. Внутренние поверхности ловушки и затворов электролитически отполированы примерно до II класса чистоты. Для вывода УХН из объема ловушки на детектор в дне ловушки имеются два отверстия диаметром 2 см. Эти отверстия могут быть перекрыты с помощью устройства (8) шторками или фильтрами. Под одним из отверстий установлен трековый детектор /3/, под другим — газовый спинтилляционный /4/. В обоих этих детекторах использован разработанный авторами уран-титановый радиатор /4/, позволяющий регистрировать ультрахолодные нейтроны в условиях высокого уровня β - и γ -излучений, а также при наличии значительного фона тепловых нейтронов.

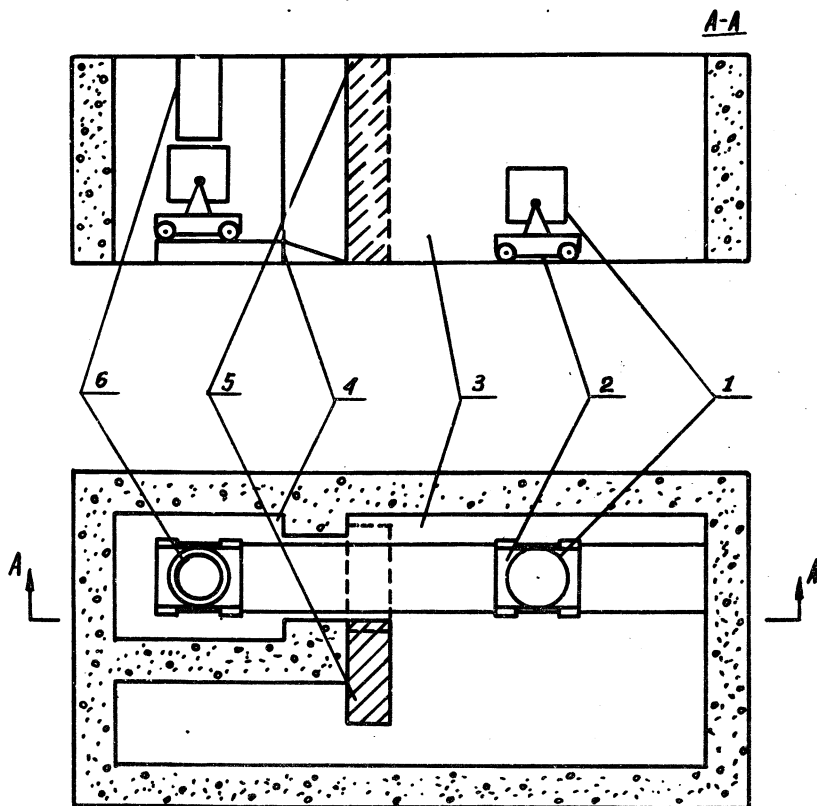
В верхней части корпуса установки расположен блок замедлителя из полиэтилена (10) диаметром 40 см и высотой 10 см, который обеспечивает замедление и термализацию вылетающих из реактора нейтронов.

Между замедлителем и быстрым затвором в непосредственной близости к последнему расположен конвертор (11) диаметром 50 см и толщиной 2 мм. С помощью системы охлаждения (12) температура конвертора поддерживалась равной температуре кипения жидкого азота. Откачка установки осуществляется агрегатом "ЭРА". Давление в рабочем объеме установки составляет $\sim 10^{-4}$ мм рт.ст.

Во время импульса реактора экспериментальная установка находится на транспортном устройстве непосредственно под днищем реактора (рис. 2). При этом быстрый и медленный затворы открыты. Через 20 мсек после срабатывания реактора и накопления УХН закрывается быстрый затвор (время его закрывания 18 ± 20 мсек), затем — медленный. Установка откатывается в измерительный зал (вре-

40

ми откатки ~ 20 сек), и бокс с реактором закрывается защитной дверью, что почти совершенно ликвидирует фон от запаздывающих нейтронов (время закрывания 60 сек). В течение всего этого вре-

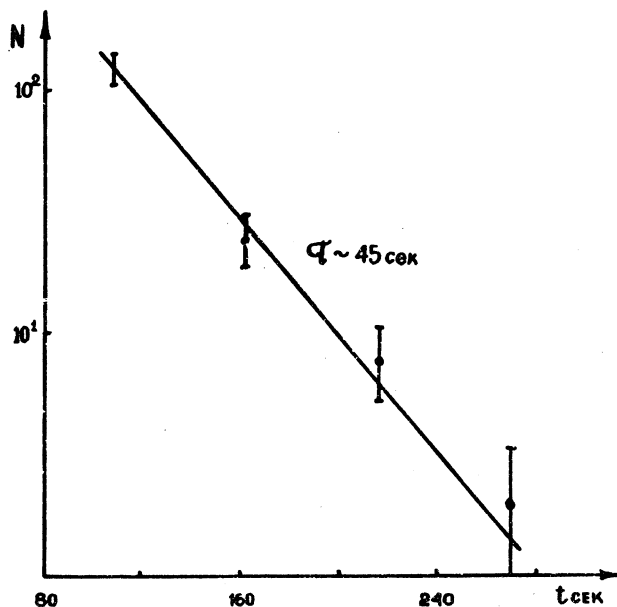


Р и с. 2. Схема эксперимента. 1 - экспериментальная установка; 2 - транспортное устройство; 3 - измерительный зал; 4 - реакторное помещение; 5 - защитная дверь; 6 - реактор ИИИ

мени отверстия в ловушке над детектором нейтронов закрыты медными шторками.

С момента полного закрывания защитной двери интегральный счет газовым сцинтилляционным детектором фона запаздывающих ней-

тронов составляет ~ 3 н., интегральный счет УХН (эффективность регистрации $\sim 25\%$) - 50 ± 60 н. Зависимость скорости счета УХН от времени, прошедшего после срабатывания реактора,



Р и с. 3. Зависимость скорости счета УХН от времени, прошедшего после импульса реактора

по результатам первых экспериментов представлена на рис. 3. Из рисунка видно, что плотность УХН в ловушке (при двух открытых отверстиях общей площадью $6,5 \text{ см}^2$) затухает экспоненциально со средним временем жизни 45 ± 50 сек. По предварительным оценкам в ловушке остается более 10^3 н. Если учесть потери нейтронов, связанные с их нагревом при закрывании медленного затвора, а также потери из-за увеличения относительной скорости нейтронов при перемещении ловушки и затухание их плотности за время транспортировки, то полное число накопленных нейтронов должно составлять более $5 \cdot 10^3$ н.

Имеется ряд неиспользованных пока возможностей увеличения числа накопленных нейтронов. В проведенных экспериментах расстояние между дном реактора и поверхностью замедлителя составляет ~ 35 см. Поднятие установки вплотную к дну реактора позволяет увеличить поток нейтронов на замедлитель более чем в 5 раз. Охлаждение конвертора до гелиевой температуры должно увеличить эффективность генерации УХН примерно в 3 раза. Помимо этого определенный выигрыш (примерно в 1,5-2 раза) должны дать оптимизация геометрических размеров замедлителя. Следовательно, число накапливаемых нейтронов можно увеличить примерно в 20-30 раз. Таким образом, в ловушке данного размера можно накапливать $\sim 2 \cdot 10^5$ н., что соответствует плотности $4 \cdot 10^3$ н./литр. (При уменьшении высоты ловушки эта величина может быть увеличена примерно в 5 раз). Можно уменьшить также время закрывания защитной двери до 20 сек, и, следовательно, включать регистрирующие устройства через 40 сек после накопления УХН. К этому моменту в ловушке должно сохраняться около $5 \cdot 10^4$ н, большая часть которых может быть выпущена на детектор.

Проведенные эксперименты показывают, что предложенная авторами методика получения УХН на импульсном реакторе обладает уникальными возможностями, как для накопления большого числа нейтронов, так и для получения большой плотности нейтронного газа. Малый уровень нейтронного фона является весьма существенным преимуществом описанного метода. Метод открывает новые возможности для постановки прямого эксперимента по выяснению причины аномально малого времени удержания УХН в ловушках.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Н. Г. Басову и Д. В. Скобелыну за внимание, помощь и поддержку данной работы. Авторы также благодарят П. А. Беляева, В. С. Бушуева, В. В. Звездова, В. Е. Солодилова за помощь в создании установки.

Поступила в редакцию
29 июля 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. В. Антонов, А. И. Исаков, М. В. Казарновский, В. Е. Солодков. Препринт ФИАН № 98, 1969 г.
2. А. И. Смирнов, В. Н. Талазин, В. Е. Хвостонов. Препринт ИАЭ № I692, 1968 г.
3. А. В. Антонов и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 10, 14 (1974).
4. А. В. Антонов и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 17 (1974).