

## ТРАНСПОРТИРУЕМАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ НА ИМПУЛЬСНОМ РЕАКТОРЕ

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

Впервые произведено накопление газа из ультрахолодных нейтронов (УХН) на импульсном реакторе однократного действия. Разработанная методика открывает уникальные возможности, как для накопления большого количества ультрахолодных нейтронов, так и для получения газа из УХН высокой плотности.

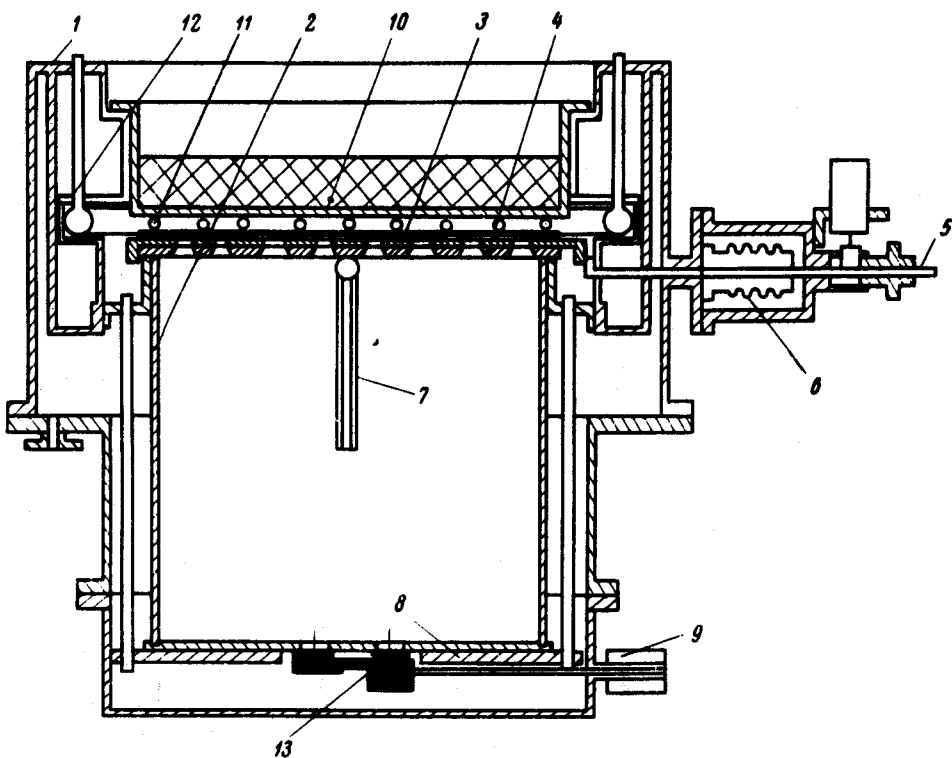
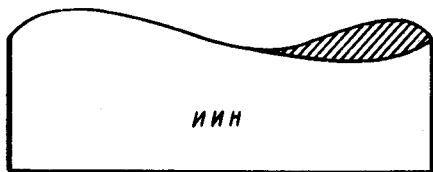
Экспериментальная проверка возможности удержания УХН в замкнутых объемах — ловушках была осуществлена в 1968 г. группой исследователей под руководством Шапиро [1]. Метод накопления УХН в ловушке ("бутылке") на стационарном реакторе с их последующей транспортировкой к измерительному устройству был впервые предложен и осуществлен авторами в работах [2, 3]. Аналогичные эксперименты были также выполнены Кестером и Штейерлом [4]<sup>1)</sup>. На сегодняшний день исследования с УХН, в том числе с накопленным и удерживаемым в ловушке нейтронным газом, являются одним из перспективных направлений современной физики. Они открывают новые возможности

---

<sup>1)</sup> Академик Б. М. Понтекорво рассказывал авторам, что еще Э. Ферми, проявляя глубокую физическую интуицию, предсказывал, что со временем станет возможным накапливать нейтроны в ловушках ("бутылках") и транспортировать их.

в области изучения физики элементарных частиц, ядерной физики, физики твердого тела [4].

Для изучения неупругого рассеяния УХН, происходящего при их взаимодействии со стенками ловушки, в условиях реакторного фона необходимо накапливать большое число УХН, обеспечивая при этом их высокую объемную плотность. Авторами было показано [5], что используя импульсный реактор типа ИИН, излучающий  $10^{17}$  н за импульс, длящийся  $\sim 2$  мсек (средняя энергия нейтронов  $1$  Мэв) можно накопить значительное количество УХН и обеспечить их высокую плотность.



Экспериментальная установка для накопления УХН: 1 – 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, 13 – детекторы

На рисунке схематично показана, осуществленная для реализации предложенного метода, установка. Нейтронная ловушка 2 представляет собой электрополированный сосуд из меди диаметром  $40$  см и высо-

той 40 см. Верхней крышкой ловушки служит быстродействующий затвор 3, 4 (с временем срабатывания 20 мсек). Для уменьшения возможного оттока нейтронов через щели быстродействующего затвора ловушка снабжена медленным затвором 7 (время срабатывания 2 сек), обеспечивающим ее более плотное закрытие. В дне ловушки имеются два отверстия (диаметром 2 см), которые могут быть закрыты с помощью специального устройства фильтрами. Под одним из этих отверстий расположен трековый детектор [6], под другим – газовый сцинтилляционный [7] с эффективностью регистрации УХН, соответственно, 50 и 25%. Радиатором в детекторах является уран-титановый слой [7]. Оба эти детектора практически нечувствительны к  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучениям и обладают низкой эффективностью к теплым нейтронам. Источником УХН является помещенный над быстрым затвором полиэтиленовый конвертор 11. Для увеличения эффективности генерации УХН конвертор охлаждается до температуры кипения жидкого азота. Блок полиэтиленового замедлителя 10 обеспечивает замедление и термализацию вылетающих из реактора нейтронов.

Во время облучения установка располагается под днищем реактора. После срабатывания реактора и накопления нейтронов закрывается быстрый затвор, затем медленный. Установка с нейтронами транспортируется в измерительный зал со средней скоростью 0,3 м/сек и помещение реактора закрывается защитной дверью с целью уменьшения фона от запаздывающих нейтронов. Измерения начинаются примерно через  $70 \pm 80$  сек после наполнения ловушки. Система детекторов регистрирует примерно 200 н, из них сцинтилляционный детектор – около 60 н (при фоне запаздывающих нейтронов  $\sim 3$  н). Среднее время удержания нейтронов при открытых отверстиях на детекторы по результатам нескольких серий экспериментов составило  $45 \pm 50$  сек. Оценки показывают, что к началу измерений в ловушке остается  $10^3$  н, а непосредственно, после накопления в ловушке должно быть  $\sim 5 \times 10^3$  н, что соответствует плотности  $\sim 100$  н/л.

Проведенные эксперименты позволили установить ряд возможностей для увеличения как числа, так и плотности накопленных нейтронов. Эти возможности в основном связаны с увеличением используемого телесного угла и охлаждением конвертора до более низких температур. По мнению авторов, на усовершенствованной установке количество накопленных нейтронов может быть увеличено примерно в 30 раз, а плотность накопленного нейтронного газа в 150 раз. Сократив несколько время закрывания защитной двери ( $\sim$  до 20 сек) можно к моменту регистрации сохранить  $\sim 5 \cdot 10^4$  н, большая часть которых может быть выпущена на детектор.

Таким образом, в описанных экспериментах авторами была достигнута плотность накопленного нейтронного газа того же порядка, что и на сильнопоточном стационарном реакторе. Существенным отличием этих экспериментов является весьма малый уровень нейтронного фона. Имеется ряд возможностей для увеличения числа накопленных нейтронов до  $\sim 2 \cdot 10^5$  н, а плотности нейтронного газа до  $\sim 10^4$  н/л. Указанные уникальные перспективы метода имеют весьма существенное значение 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.Скобельцыну за постоянное 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.

Физический институт им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
19 августа 1976 г.

### Литература

- [ 1 ] В.И.Лушиков, Ю.Н.Покотиловский, А.В.Стрелков, Ф.Л.Шапиро. Препринт ОИЯИ, РЗ-4127, Дубна, 1968.
  - [ 2 ] А.В.Антонов и др. Краткие сообщения по физике ФИ АН СССР, № 1, 13, 1970.
  - [ 3 ] В.А.Аниколенко и др. Препринт ФИ АН СССР, № 92, 1973.
  - [ 4 ] Ф.Л.Шапиро. Сообщение ОИЯИ, РЗ-7135, Дубна, 1973.
  - [ 5 ] А.В.Антонов, А.И.Исаков, М.В.Казарновский, Э.Е.Солодилов. Препринт ФИ АН СССР, № 98, 1969.
  - [ 6 ] А.В.Антонов и др. Краткие сообщения по физике ФИ АН СССР, № 10, 14, 1974.
  - [ 7 ] А.В.Антонов и др. Краткие сообщения по физике ФИ АН СССР, № 11, 17, 1974.
-