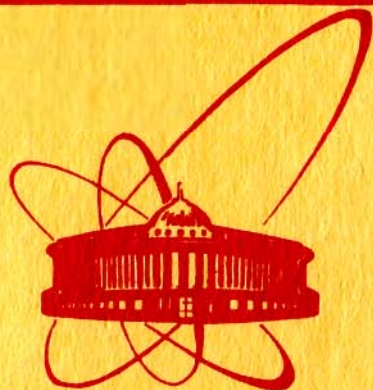


80-91

9/vi-80



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

2466/2-80

P3-80-91

Ю.Ю.Косвинцев,\* Ю.А.Кушнир,\* В.И.Морозов,\*  
А.Д.Стойка, А.В.Стрелков, Г.И.Терехов \*

НАБЛЮДЕНИЕ АНОМАЛИИ  
ВО ВРЕМЕНИ ХРАНЕНИЯ  
УЛЬРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ  
В ГЕРМЕТИЧНЫХ СОСУДАХ  
С ОБЕЗГАЗЕННЫМИ СТЕНКАМИ

*Направлено в "Письма в ЖЭТФ"*

---

\* Научно-исследовательский институт атомных реакторов им. В.И.Ленина, г.Димитровград.

1980

Косвинцев Ю.Ю. и др.

P3-80-91

Наблюдение аномалии во времени хранения  
ультрахолодных нейтронов в герметичных сосудах  
с обезгаженными стенками

Приведены результаты измерений времени хранения УХН в герметичных обезгаженных сосудах со стенками из меди и бериллия. Наблюдается аномальная утечка УХН из сосудов, очень слабо зависящая от температуры в интервале /20-800/ К и практически не зависящая от процессов дейтерирования и покрытия стенок конденсированными  $\text{CO}_2$  и  $\text{D}_2\text{O}$ .

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Kosvintsev Yu.Yu. et al.

P3-80-91

Observation of Anomaly in UCN Storage Time  
in Tight Evacuated Vessels

Experimental data on UCN storage time for tight evacuated vessels with copper and berillium walls are reported. Anomalous UCN leakage is observed. It has little dependence on temperature in the range from 20 to 800 K and its practically independent of deuteration processes.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

Результаты экспериментов по хранению ультрахолодных нейтронов /УХН/ в замкнутых сосудах в настоящее время представляют довольно противоречивую картину: с одной стороны, утечка УХН из сосудов осуществляется путем нагрева УХН<sup>/1,2/</sup>, с другой - время хранения УХН почти не зависит от температуры стенок сосудов<sup>/3-5/</sup>. Однако эти результаты могли быть объяснены аппаратными эффектами /массоперенос водородсодержащих примесей в негерметичных сосудах, неравномерность температуры и т.д./.

Предполагалось, что причиной нагрева и последующей утечки УХН через стенки сосуда является присутствие водородсодержащих загрязнений на поверхности стенок<sup>/6,7/</sup>, в то же время более чистые, свежеконденсированные из различных металлов стенки не дают существенного уменьшения утечки<sup>/8/</sup>. В сложившейся ситуации большой интерес представляет практическая реализация "чистых сосудов" для хранения УХН, заведомо не покрытых водородсодержащими пленками.

1. В предлагаемой работе УХН хранились в медном сосуде 1 /рис.1/ диаметром 50 см, высотой 24 см и толщиной стенки 2 мм. Внутренняя полость сосуда герметично отделялась от остальной вакуумной системы окном /2/ из Al-фольги толщиной 60 мкм.

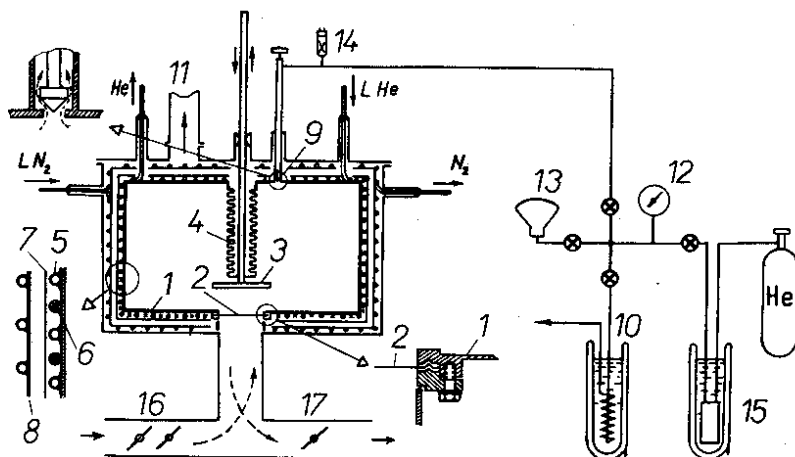


Рис. 1

Герметизация привода входной заслонки /3/ выполнена с помощью сильфона /4/. Охлаждение сосуда осуществлялось прокачкой по трубкам/5/ жидких  $N_2$  и He, а нагрев - электрическими спиралями /6/. Специальный нагреватель имело и входное окно /2/. Пассивный /7/ и охлаждаемый экран /8/ обеспечивали надлежащую теплоизоляцию сосуда. Откачка сосуда происходила через вентиль /9/ и азотную ловушку /10/, соединенную с общей высоковакуумной системой /11/. Давление газа в сосуде измерялось манометром /12/, микроманометром /13/ и термопарным датчиком /14/. Для увеличения эффективности откачки применялись частые промывки в влажном режиме /9/ газообразным He высокой чистоты, поступающим от баллона через азотную ловушку /15/ с палладированным активированным углем.

В такой, сравнительно простой, системе хранение УХН осуществлялось в условиях сверхвакуумной гигиены, достигнутых путем применения: а/ температурного обезгаживания; б/ наружного вакуума; в/ большой скорости откачки с использованием балластного газа He, остаточное давление которого /менее  $10^{-2}$  Торр/ не влияет на хранение УХН. Последнее утверждение было непосредственно проверено специальным опытом, в котором измерялось время жизни  $\tau_{He}$  УХН в используемом гелии, показавшим  $\tau_{He} = 330 \cdot P^{-1}$  /Торр·с/, где P - давление He в Торр.

От источника УХН /10/ с помощью заслонок /3/, /16/, /17/ сосуд заполнялся ~50 шт. УХН. Время хранения  $\tau_{ex}$  находилось путем подсчета детектором числа УХН, оставшихся в сосуде спустя некоторое варьируемое время выдержки.

2. Спектр хранящихся УХН определялся путем измерения зависимости числа накопленных в сосуде УХН от высоты подъема колена интегрального гравитационного спектрометра /11/, расположенного перед входом в сосуд /рис. 2а/. Сплошная линия соответствует постоянной плотности УХН в фазовом пространстве

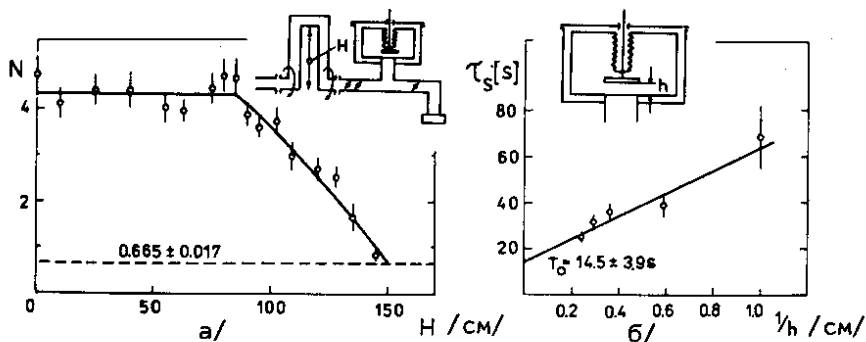


Рис. 2

в диапазоне скоростей  $3,43 \div 4,95$  м/с, а пунктирная - фон. Кроме того, средняя скорость хранящихся УХН определялась и по зависимости постоянной вытекания  $\lambda$  УХН из сосуда от высоты  $h$  подъема заслонки:  $\lambda = r_s^{-1} + r_{ex}^{-1}$ . Здесь  $r_s$  /рис.2б/ соответствует газокинетическому выражению:

$$r_s = T_0 + [2\pi R h \gamma(\bar{V})]^{-1},$$

где  $T_0$  - время вытекания УХН в отсутствие системы "заслонка - фольга",  $R$  - радиус заслонки, а  $\gamma(\bar{V})$  - коэффициент пропускания системы "заслонка - фольга", зависящий от средней скорости  $\bar{V}$  спектра УХН. Полученное таким образом значение  $\bar{V} = 4,70^{+0,36}_{-0,25}$  м/с.

Экспериментально было показано, что  $r_s$  не зависит от температуры /80 ÷ 700 К/ входного окна /2/; не наблюдалось и зависимости  $r_{ex}$  от температуры окна при фиксированной температуре всего остального сосуда, что указывает на постоянство  $\bar{V}$  во всех этих случаях.

3. Измерения  $r_{ex}$  в диапазоне температур /80 ÷ 300/ К в сосуде с электрополированной медной поверхностью показали сильную температурную зависимость /рис.3-1/. Затем сосуд нагревался с постоянно включенной откачкой и частыми промывками He. По мере обезгаживания стенок наблюдалось существенное возрастание  $r_{ex}$  /при 300 К/ с ростом температуры до 600 К, что, вероятно, связано с очисткой поверхности от адсорбированных молекул. Свыше 600 К начинается выделение газов, абсорбированных в толще металла стенки, особенно водорода /12/ и не было замечено изменения  $r_{ex}$  /при 300 К/. Максимальная температура обезгаживания - 800 К поддерживалась в течение 6 ч.

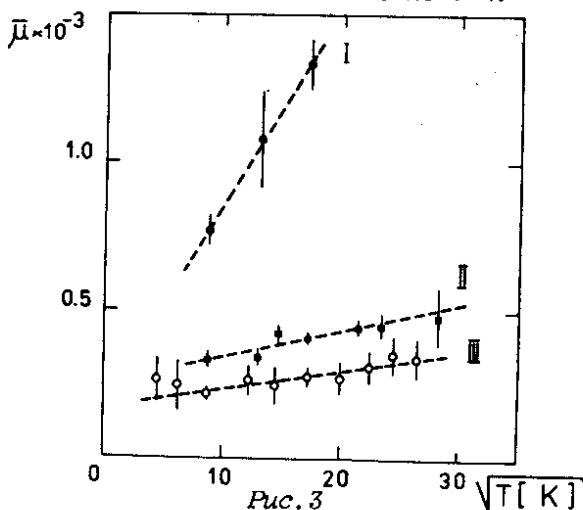


Рис. 3

Средний коэффициент потери УХН при одном столкновении выражается:  $\mu = (\tau_{\text{ex}}^{-1} - \tau_{\beta}^{-1}) \nu^{-1}$ , где  $\tau_{\beta} = 918$  с - постоянная  $\beta$  - распада нейтрона,  $\nu = 23,3$  с<sup>-1</sup> - средняя частота ударов УХН о стенки сосуда. Температурная зависимость  $\bar{\mu}$  /рис. 3, II / измерялась после обезгаживания в герметичном сосуде /при закрытом вентиле 9/.

4. Вторая серия измерений  $\tau_{\text{ex}}$  проводилась в этом же сосуде с напыленным на него изнутри слоем бериллия толщиной 0,35 мкм, чистотой 99,7%. По мере обезгаживания наблюдалось значительное увеличение  $\tau_{\text{ex}}$  /при 300 К/ вплоть до температуры 800 К, вероятно, связанное с более сильной адсорбцией газов на такой поверхности. Обезгаживание продолжалось 12 ч при T=800 К, затем при закрытом вентиле 9 измерялась зависимость  $\bar{\mu}$  от температуры, представленная на рис. 3, III. Напуск атмосферного воздуха в медные обезгаженные сосуды на 2 недели не вызвал заметного уменьшения  $\tau_{\text{ex}}$ , однако в Ве -сосуде после двухсуточного контакта с атмосферой  $\tau_{\text{ex}}$  уменьшилось в 2 раза и восстановилось после обезгаживания.

5. Чтобы проверить, не осталось ли на поверхности сосудов после обезгаживания загрязнений, наличием которых можно было бы объяснить аномально большую утечку УХН /нагрев, захват/, в качестве стенок, отражающих УХН, использовались конденсированные D<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> при температуре 80 К. Полученные значения  $\bar{\mu}$ , соответственно /2,57±0,52 и 2,73±0,33/·10<sup>-4</sup> не отличаются в пределах ошибок от  $\bar{\mu}$  для Cu и Ве при той же температуре. С этой же целью осуществлялись условия для изотопного замещения водорода /возможно, находящегося на поверхности/ дейтерием путем обработки обезгаженной медной поверхности парами /~25 Торр/ D<sub>2</sub>O при T= 600 К. Изменения  $\tau_{\text{ex}}$  не наблюдалось. Не было замечено эффекта и после обработки этой поверхности парами D<sub>2</sub>O в присутствии добавок щелочи NaOD или кислот DNO<sub>3</sub>, D<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, значительно интенсифицирующих процессы изотопного замещения. Однако интерпретация этих результатов затруднена по причине того, что поверхность сосуда, вероятно, в этих случаях покрыта существенным количеством продуктов химических реакций меди с вводимыми реактивами.

6. Используя известные сечения неупругих процессов для Cu и Ве в тепловой области, можно оценить  $\bar{\mu}$  /при 300 К/ для данного сосуда: 1,6·10<sup>-4</sup> для Cu и 4,5·10<sup>-6</sup> для Ве. Вклад неупругого рассеяния УХН на стенках сосуда при высоких температурах не превышает ~10<sup>-6</sup> /13/ и не может объяснить даже слабой температурной зависимости  $\bar{\mu}$ , замеченной в этом эксперименте /особенно для Cu /. Наблюдаемая и в обезгаженных сосудах большая утечка УХН, слабо зависящая от температуры и практически не зависящая

от процесса дейтерирования и покрытия стенок конденсированными  $D_2O$  и  $CO_2$ , ставит под сомнение существование нагрева УХН на водородсодержащих загрязнениях как причины аномально малого времени хранения УХН.

Авторы благодарны В.П.Алфименкову и Е.Н.Кулагину за помощь при выполнении эксперимента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелков А.В., Хетцельт М. ЖЭФ, 1978, 74, с.23.
2. Stoica A.D., Strelkov A.V., Hertzelt M. Z.Physik, 1978, B29, p.349.
3. Luschikov V.I. Physics Today, 1977, 30, 6, p.42.
4. Лушиков В.И. и др. Препринт ИАЭ-3066, М., 1978.
5. Франк И.М. ОИЯИ, РЗ-12829, Дубна, 1979.
6. Lanford W.A., Golub R. Phys.Rev.Lett., 1977, 39, p.1509.
7. Schekenhofer H., Steyerl A. Phys.Rev. Lett., 1977, 39, p.1310.
8. Косвинцев Ю.Ю. и др. Письма в ЖЭФ, 1978, 28, 3, с.164.
9. Дэшман С. Научные основы вакуумной техники. ИЛ, М., 1950.
10. Kosvintsev Yu.Yu. et al. Nucl.Instr.&Meth., 1977, 143, p.1932.
11. Groshev L.V. et al. Phys.Lett., 1971, 34B, p.293.
12. Малеев М.Д. ЖФ, 1972, 42, 12, с.2589.
13. Holas A. phys.stat.sol.(b), 1977, 81, K107.

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 февраля 1980 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники



## Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,  
если они не были заказаны ранее.

P1,2-7642	Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973.	7 р. 15 к.
Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	2 р. 05 к.
P1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	2 р. 60 к.
Д6-8846	XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975.	1 р. 90 к.
Д13-9164	Международное совещание по методике проволочных камер. Дубна, 1975.	4 р. 20 к.
Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д13-9287	Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1975.	5 р. 00 к.
Д7-9734	Международная школа-семинар по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами и синтезу новых элементов /Дубна, 1975/.	3 р. 00 к.
Д2-9788	Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля /Алушта, 1976/.	2 р. 40 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д10,11-11264	Труды Совещания по программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.

Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна 1978. /2 тома/	7 р. 48 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна 1978.	5 р. 00 к.
P18-12147	Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач.	2 р. 20 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
P2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
Д2-11707	Труды XI Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий и релятивистской ядерной физике. Гомель, 1977.	6 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.  
Заказ 27765. Тираж 490. Уч.-изд. листов 0,74.  
Редактор Б.Б.Колесова.  
Набор В.С.Румянцевой, Н.И.Коротковой.  
Макет Т.Е.Жильцовой. Подписано к печати 4.03.80 г.