

С 413 Г
Б-955

20/XII-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3571



В.М. Быстрицкий, Б.Н. Мехедов, В.Н. Мехедов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТРИТИЯ

1967.

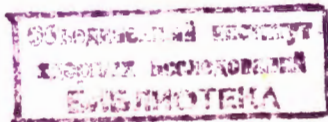
13 - 3571

В.М. Быстрицкий^{х)}, В.Н. Мехедов^{х)}, В.Н. Мехедов

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТРИТИЯ

Направлено в ПТЭ

х) Воронежский государственный университет.



5493/1, 4р.

Для наблюдения эффекта рождения трития в различных ядерных реакциях при высоких энергиях^{/1-3/} требуется универсальная установка, с помощью которой можно регистрировать как нормальные ($\approx 10^3 - 10^4$ расп./мин), так и малые (≈ 10 расп./мин) активности продукта. Ниже дается краткое описание разработанной нами установки. Тритий регистрируется с помощью газового счетчика и для обнаружения возможно более слабых активностей приняты меры к снижению собственного фона детектора. Установка состоит из системы выделения трития, системы детектирования и защиты. Фон установки составляет 8 имп./мин при рабочем объеме счетчика 200 см³. Система выделения обеспечивает перевод из образца в детектор от 20 до 80% количества трития и позволяет отдельно работать как с нормальными, так и с малыми уровнями активностей. Наименьший уровень активности трития в образце, регистрируемый на этой установке, согласно^{/4/}, оценивается $\approx 1,5 \cdot 10^{-12}$ кюри. По своей чувствительности она почти в 10 раз превосходит аппаратуру, использованную в^{/1-3/}, и приближается к чувствительности установок, описанных в^{/5,6/}.

Система выделения трития выполнена аналогично описанным в работах^{/1-3/}. Она представляет собой два независимых вакуумных тракта с двумя палладиевыми фильтрами. Один из трактов предназначен для работы с нормальными, а другой - с низкими концентрациями трития. Разделение вакуумных трактов и палладиевых фильтров необходимо, чтобы избежать явления так называемой тритиевой "памяти", опасной при измерениях малых концентраций смеси. Объем тракта для малых активностей в 30 раз меньше объема другого тракта. Выделение трития производится путем плавки образцов в кварцевом тигле в атмосфере водорода при давлениях 100-300 мм рт.ст. и очистки смеси от посторонних газов путем пропускания через палладиевый фильтр. Для более полного пере-

вода тритиевой смеси в детектор используется насос Теплера. Соотношения объемов различных участков системы выделения определены с точностью 2–3%.

Система детектирования представляет собой самогасящийся счетчик с медным катодом диаметром 4 см, работающим на смеси водорода и спирта с принудительным гашением разряда. Электронная схема (собранная аналогично⁽¹¹⁾) вырабатывает гасящие импульсы длительностью от 230 до 1000 мксек и амплитудой 200–220 в, которые обрывают газовый разряд в счетчике после каждого импульса. В рабочей области длительность гасящего сигнала равна 500 мксек.

На рис. 1 приведены характеристики счетчика в режиме принудительного гашения в зависимости от давления водорода и спирта. На рис. 2 показаны кривые плато счетчика при различных соотношениях водорода и спирта. Из рис. 1 и 2 видно, что счетчик нормально работает в широком диапазоне давлений от 60 до 600 мм рт.ст. H_2 и 5–18 мм рт.ст. спирта.

Защита счетчика состоит из двух частей: кольца антисовпадений и тяжелой защиты. В качестве кольца антисовпадений используется цилиндрический пластический сцинтиллятор (полистирол с герфенилом) диаметром 20 см, длиной 35 см, с отверстием вдоль оси для газового счетчика. Сцинтиллятор помещен в металлический кожух, заполненный слоем окиси магния толщиной 6 мм. Размеры и расположение сцинтиллятора и счетчика обеспечивают перекрытие практически всего рабочего объема детектора.

Блок-схема основной части электронной аппаратуры установки изображена на рис. 3. Пластический сцинтиллятор осматривается четырьмя Ф.Э.У.–13, расположенными по спирали. Каждая пара Ф.Э.У.–13 связана суммирующим устройством и суммированные импульсы отделяются от шумовых импульсов фотоумножителей интегральным пороговым дискриминатором и схемой совпадений, что снижает число ложных антисовпадений.

Одновременные измерения интенсивности счета в кольце антисовпадений и счетчике позволяют производить контроль за работой аппаратуры в течение опыта. Например, при загрузке счетчика порядка 3000 имп./мин число ложных антисовпадений не превышает 0,1%. Импульс со счетчика задерживается относительно импульса с кольца антисовпадений на 10 мксек, что значительно перекрывает плавание во времени передних фронтов импульсов детектора. Разрешающее время схемы антисовпадений равно 40 мксек. Использование схемы антисовпадений позволяет снизить фон счетчика примерно в 9 раз.

Для защиты от быстрых нейтронов, эффективно регистрируемых нашим водородным счетчиком, используется слой парафина толщиной 5 см, а также сам пластический сцинтиллятор. Тяжелая защита собрана из свинца, железа и меди толщиной 10, 10 и 5 см соответственно. Кольцо антисовпадений и тяжелая защита дают общее снижение фона почти в 35 раз. Остаточный фон счетчика обусловлен радиоактивными загрязнениями материалов, ложными импульсами, а также не 100%-ной эффективностью вычитаний кольца антисовпадений.

Установка проверялась на стабильность работы и отсутствие генерации ложных импульсов на протяжении длительного времени (см. рис. 4). Проверка производилась с помощью критерия χ^2 , вычисляемого из группы измерений. Результаты приведены на рис. 5. Все точки укладываются в интервал доверительной вероятности от 0,1 до 0,9 и группируются вблизи значения 0,5, что указывает на нормальную работу аппаратуры.

С помощью этой установки были измерены сечения образования трития под действием протонов с энергиями от 150 до 660 Мэв на ядрах Al. Образцы Al толщиной 2 мм облучались на внутреннем пучке синхротрона ОИЯИ. Мониторинг пучка велось по реакции $^{27}\text{Al}(p, 3p)^{24}\text{Na}$. Активность мониторных фольг измерялась счетчиком МСТ-40 известной эффективности. Кривые распада мониторов обрабатывались методом наименьших квадратов на ЭВМ "Проминь". Облученные мишени расплавлялись и выдерживались в атмосфере водорода в течение часа при температуре 900°C. Полученные сечения приведены в таблице 1. Там же указаны результаты измерений других авторов при близких энергиях, согласно наиболее поздним публикациям.

Общая среднеквадратичная ошибка измерений содержит следующие компоненты:

- 1) ошибку в определении сечения мониторной реакции в диапазоне энергий 150-660 Мэв - 5%^{1/9};
- 2) ошибку в определении активности ^{24}Na при обработке мониторных кривых распада - 5%;
- 3) ошибку в определении объемов вакуумного тракта системы - 2%;
- 4) статистическую ошибку счета трития в счетчике - 2%;
- 5) ошибку в определении эффективности водородного счетчика внутреннего наполнения - 2%;

6) ошибку в определении веса мониторной фольги - 2%;

7) ошибку в определении количества трития, вошедшего из мишени при плавке - не более 5% (доля вошедшего трития определялась методом повторных плавок).

Полная ошибка измерения не превышает 10%.

Т а б л и ц а 1

Настоящая работа		Данные других авторов		
Энергия протонов (Мэв)	Сечение образования (мбарн)	Энергия протонов (Мэв)	Сечение образования (мбарн)	Литература
153	9 ± 1	150	$12 \pm 1,5$	(8)
340	$16 \pm 1,6$	300	$19 \pm 3,3$	(4)
480	$17,5 \pm 1,8$	450	$\left\{ \begin{array}{l} 23 \pm 3 \\ 24 \pm 3,3 \end{array} \right.$	(11) (4)
660	30 ± 3	600	32 ± 2	(10)

Как видно из таблицы, результаты наших определений находятся в удовлетворительном согласии с данными других авторов.

Приносим свою благодарность дирекции ЛЯП за возможность проведения эксперимента на синхротронном циклотроне ОИЯИ, а также В.С. Белосельскому и А.Н. Ивкину за поддержку и помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. В.В. Кузнецов, В.Н. Мехедов. ЖЭТФ, 35, 587 (1958).
2. В.В. Кузнецов. ЖЭТФ 40, 1263 (1961).
3. В.Н. Мехедов. Ядерная физика 5, 34 (1967).
4. Г.Е. Кочаров, В.О. Найденов. ПТЭ 3, 5 (1966).
5. T. Takahashi, T. Hamada, F. Yamasaki Nucl. Instr. Meth. 35, 120, 1965.
6. H. Butler, K. Farzie, H. D. Wohlfahrt Nucl. Instr. Meth. 37, 288, 1965.
7. G. Ostlund "Tritium in the Physical and Biological Sciences". 1, 333, Vienna 1962.
8. M. Lefort, X. Tarrago. Препринт Лаборатории Жолдо-Кюри, Орсе, 1992, 1962.

9. Н.А. Перфилов, О.В. Ложкин, В.И. Остроумов. Ядерные реакции под действием частиц высоких энергий. 1962. Наука
10. K. Goebel, H. Schultes, J. Zähringer Preprint CERN 64 - 12, 1964.
11. L.A. Currie, W.F. Libby, R.L. Wolfgang Phys. Rev. 101, 1557, 1956.

Ручкопись поступила в издательский отдел
1 ноября 1967 г.

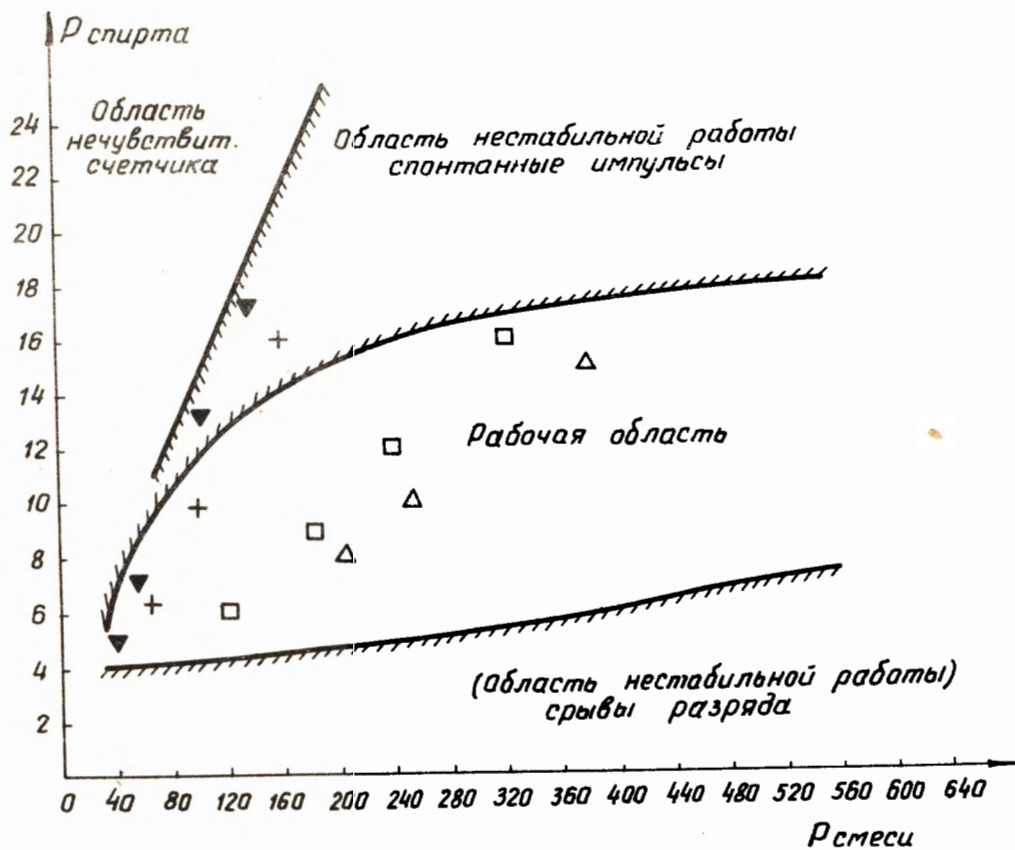


Рис. 1. Характеристики работы счетчика в зависимости от парциальных давлений газовой смеси. Обозначения величин отношения давления спирта к давлению смеси: \blacktriangledown 1:8; + 1:10; \square 1:20; \triangle 1:25.

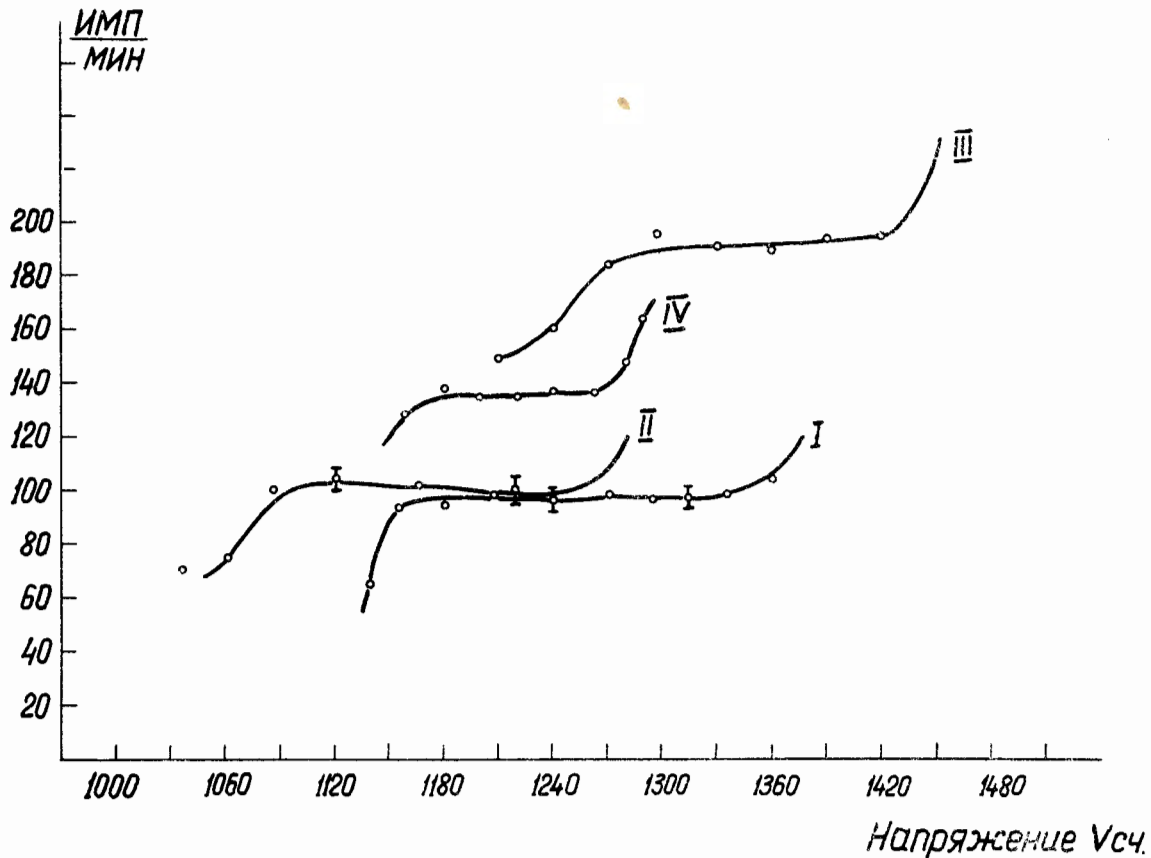


Рис. 2. Счетные характеристики детектора при различных давлениях смеси. Защита раздвинута на 50 см. I - $P_{\text{смеси}} = 70$ мм, $P_{\text{спирта}} = 8$ мм; II - $P_{\text{смеси}} = 52$ мм, $P_{\text{спирта}} = 6$ мм; III - $P_{\text{смеси}} = 195$ мм, $P_{\text{спирта}} = 10$ мм; IV - $P_{\text{смеси}} = 79$ мм, $P_{\text{спирта}} = 6$ мм (кривые III и IV - водород мечен тритием).

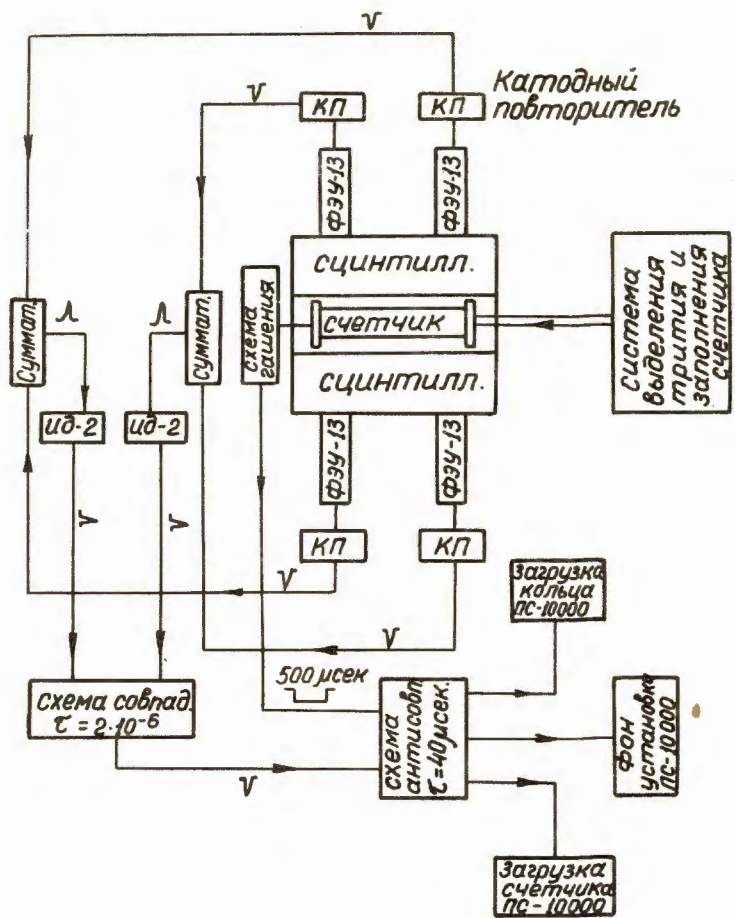


Рис. 3. Блок-схема основной части аппаратуры.

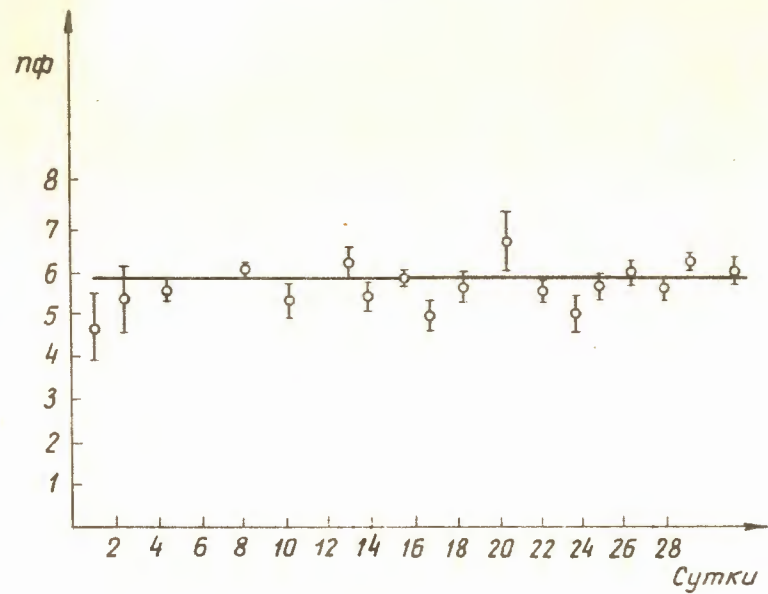


Рис. 4. Результаты измерения фона установки.

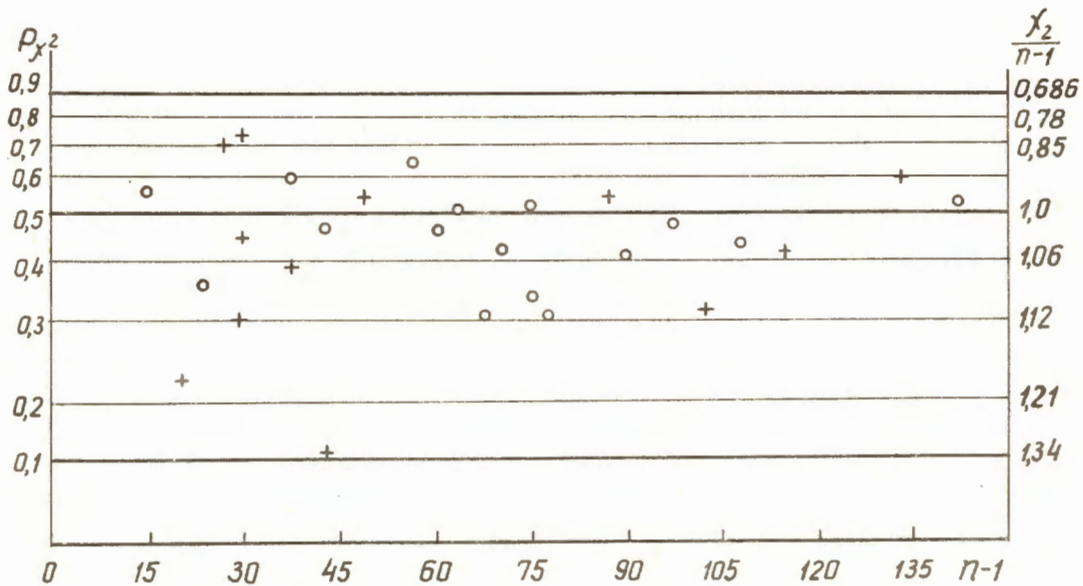


Рис. 5. Результаты проверки стабильности работы установки по χ^2 -критерию.
 \circ - измерения активности, $+$ - измерения фона.