

6602

ЭКЗ. ЧИТ. ЗА

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 6602



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Н.П.Балабанов, Ю.П.Попов, К.Г.Родионов,  
В.Г.Семенов

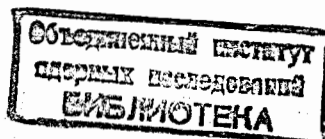
МНОГОСЕКЦИОННАЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИИ (  $n, \alpha$  )

1972

P13 - 6602

Н.П.Балабанов, Ю.П.Попов, К.Г.Родионов,  
В.Г.Семенов

МНОГОСЕКЦИОННАЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИИ ( $n, \alpha$ )



## 1. Введение

Изучение реакции  $(n, \alpha)$  на резонансных нейтронах открывает перед экспериментаторами новый канал для получения сведений о структуре высоковозбужденных состояний атомных ядер. Однако проведение таких исследований связано со значительными методическими трудностями, обусловленными малостью сечения реакции  $(n, \alpha)$ , большим фоном от конкурирующей реакции  $(n, \gamma)$ ,  $(\sigma(n, \gamma) / \sigma(n, \alpha) \approx 10^5 + 10^9)$  и малостью потока резонансных нейтронов. Кроме того, малый пробег  $\alpha$ -частиц в веществе мишени приводит к необходимости делать их тонкими.

Указанные условия требуют от детекторов, которые могут быть использованы в исследованиях редких реакций типа  $(n, \alpha)$ , больших поверхностей мишеней. Разработанные ранее большой газовой сцинтилляционный детектор со сцинтиллятором в электрическом поле<sup>/1/</sup> и ионизационные камеры различных типов<sup>/2,3/</sup> позволили наблюдать и исследовать реакцию  $(n, \alpha)$  в области резонансных нейтронов на ряде ядер и получить оригинальную физическую информацию<sup>/4,5/</sup>.

Однако эти исследования ограничивались ядрами вблизи замкнутых нейтронных и протонных оболочек, где энергии  $\alpha$ -частиц, вылетающих после захвата нейтронов, сравнительно велики, а следовательно, и высока проникаемость  $\alpha$ -частиц через кулоновский барьер ядра. Для существенного расширения круга исследуемых ядер необходимо дальнейшее усовершенствование детекторов  $\alpha$ -частиц с целью снижения уровня собственного фона детекторов, а также уменьшение их чувствительности к большим потокам слабо ионизирующих частиц.

За основу нового детектора была взята система плоских многослойных пропорциональных счетчиков типа описанных в работах /6,7/. Введение двойных совпадений должно было свести к минимуму собственный фон, а небольшие междуэлектродные расстояния - улучшить временные характеристики детектора, сделать его менее чувствительным к  $\gamma$ -квантам и ионизирующим излучениям, возникающим в момент импульса мощности реактора ИБР.

## 2. Конструкция детектора

Пропорциональная камера, конструкция которой приведена на рис. 1, представляет собой цилиндрический корпус (1) с внутренним диаметром 500 мм и длиной 300 мм, снабженный сигнальными (7) и высоковольтным (10) вводами, вентилями для откачки и наполнения рабочим газом, манометрической системой, а также механизмом управления контрольным  $\alpha$ -источником (8). На одной из торцевых крышек камеры смонтирована кассета, состоящая из восьми двойных идентичных секций, разделенных подложками мишеней (4) (алюминиевые диски толщиной 1 мм), на которые наносятся слои исследуемого вещества. Каждая секция, в свою очередь, состоит из экрана (3) и двух собирающих электродов (коллекторов) (5). Рабочий диаметр всех электродов 360 мм.

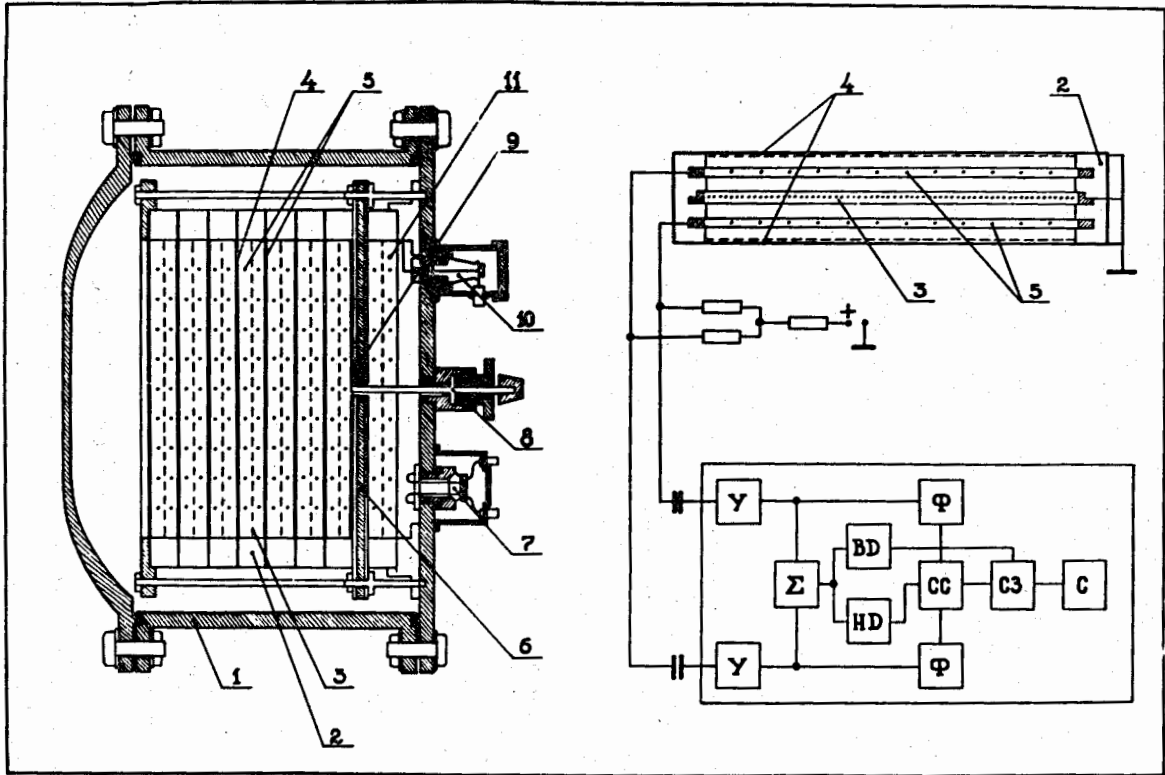


Рис. 1. Конструкция многосекционной пропорциональной камеры и блок-схема электронной аппаратуры.

Экран выполнен в виде кольца из нержавеющей стали, на которое натянуты вольфрамовые нити диаметром 50 мк с шагом 3 мм. Коллекторы представляют собой аналогичные кольца с нитями диаметром 100 мк и шагом 10 мм.

Экран и коллекторы помещены в изолирующие кольца из фторопласта, которые одновременно являются дистанционными, задавая междуэлектродные расстояния, равные 6 мм. В одной из секций помещен контрольный  $\alpha$ -источник  $^{235}\text{U}$  (9), который используется для настройки камеры и с помощью специального устройства (8) может закрываться на период измерений.

Одна из секций (11) имеет коллекторы, выполненные из вольфрамовой проволоки вдвое меньшим диаметром (50 мк), что позволяет при общем для всех секций напряжении получить в ней существенно большее газовое усиление, достаточное для регистрации  $\gamma$ -квантов. Радиатор (6), выполненный из пластины свинца толщиной 5 мм, помещенной в алюминиевый контейнер, позволяет этому  $\gamma$ -детектору регистрировать

$\gamma$ -кванты от исследуемых мишеней с эффективностью, пропорциональной энергии кванта  $^{1/8}$ . При этом эффективность регистрации акта захвата нейтрона оказывается не зависящей от спектра  $\gamma$ -лучей, так же как и у  $\gamma$ -детектора Моксона-Рей  $^{1/9}$ .  $\gamma$ -детектор используется для параллельных измерений ( $n, \gamma$ )-реакции на исследуемом веществе, что повышает точность определения  $\alpha$ -ширин отдельных резонансов, а также позволяет проводить нормировку по известным резонансам или сечению в тепловой области  $^{1/4,5}$ .

Перед измерениями камера откачивается до давления порядка  $10^{-2}$  тор и заполняется рабочим газом до давлений, не превышающих обычно 760 тор. Стабилизированное (до 0,1%) положительное высокое напряжение подается раздельно на коллекторы каждой секции, откуда сигнал снимается через цепь  $R = 5,1 \text{ Мом}$  и  $C = 2200 \text{ пф}$ . Подложки мишеней и экран заземлены. Такое подключение позволяет разграничить

каждую секцию на два самостоятельных чувствительных объема при высокой прозрачности экрана к  $\alpha$  - частицам, вылетающим из мишени.

### 3. Электронная аппаратура

Блок-схема электронной аппаратуры приведена на рис. 1. Импульсы от  $\alpha$ -частицы, вылетающей из мишени и создающей ионизацию в обоих чувствительных объемах секции, усиливаются усилителями (У) типа, описанного в работе /10/, и отбираются схемой совпадений (СС). Одновременно эти импульсы суммируются линейным сумматором ( $\Sigma$ ) и подаются на два идентичных интегральных дискриминатора нижнего (НД) и верхнего (ВД) порогов, которые дают возможность отбирать импульсы в определенном амплитудном окне. Импульсы со схемы (НД) подаются на один из входов схемы тройных совпадений (СС). При высокой чувствительности схемы по двум другим входам дискриминация суммарного импульса позволяет отбирать для дальнейшего анализа истинные события. Импульсы с дискриминатора (ВД) поступают на схему запрета (СЗ). В этом случае, несмотря на то, что на выходе схемы совпадений (СС) имеется импульс, дальнейшее его прохождение будет заблокировано. Аналогичным образом производится отбор информации и с остальных секций. Блок "ИЛИ" (С) собирает информацию и передает ее на временной анализатор. При необходимости передавать на временной анализ информации от каждой секции в отдельности предусмотрено использование кодировщика номера датчика.

### 4. Характеристики детектора

Выбор рабочих параметров пропорциональной камеры определяется необходимостью получения наилучшего соотношения эффект-фон. При этом фон включает в себя собственный фон детектора и переменный фон,

возникающий на пучке нейтронов от импульсного реактора. В качестве рабочего газа используется смесь  $Ar + (5 + 15)\% CO_2$  при давлениях  $280 + 760$  тор. Этот диапазон давлений является, по-видимому, оптимальным, так как, с одной стороны, позволяет получить не слишком большую ионизацию в детекторе в момент импульса мощности реактора, с другой – амплитуда импульсов от  $\alpha$ -частиц еще велика. На рис. 2 приведены кривые зависимости коэффициента газового усиления в пропорциональной камере от напряжения в смеси  $Ar + 5\% CO_2$  для давлений 280, 380, 660 и 760 тор.

Эффективность камеры к  $\alpha$ -частицам ( $\epsilon_\alpha$ ) проверялась с помощью набора контрольных  $\alpha$ -источников:  $^{235}U$  ( $E_\alpha = 4,58$  Мэв);  $^{233}U$  ( $E_\alpha = 4,82$  Мэв);  $^{239}Pu$  ( $E_\alpha = 5,15$  Мэв);  $^{242}Cm$  ( $E_\alpha = 6,11$  Мэв) и  $^{212}Po$  ( $E_\alpha = 8,8$  Мэв), в основном охватывающих энергетический диапазон  $\alpha$ -частиц, возникающих при распаде исследуемых ядер. Установлено, что  $\epsilon_\alpha$  медленно возрастает с увеличением  $E_\alpha$  и уменьшается с ростом давления рабочего газа в камере. На вставке к рис.3 приведена зависимость эффективности регистрации  $\alpha$ -частиц от  $E_\alpha$  для наиболее часто используемых условий (давление 450 тор, рабочее напряжение 1580 в). Для проверки идентичности отдельных секций в каждую из них были помещены контрольные источники  $^{238}U$  ( $E_\alpha = 4,18$  Мэв) с выходами  $\alpha$ -частиц, отличающимися не более, чем на 3%. В результате было получено, что значения эффективностей регистрации  $\alpha$ -частиц в различных секциях отличаются не более, чем на 10%. В качестве иллюстрации работы камеры на пучке нейтронов импульсного реактора на рис. 3 приведен временной спектр ( $n, \alpha$ )-реакции на изотопе  $^{147}Sm$  ( $E_\alpha = 9,1 + 9,8$  Мэв). Измерения проводились на пролетном расстоянии 30 м в режиме работы реактора с линейным ускорителем в качестве инжектора (мгновенная мощность 12 Мвт). Провал в начале спектра, занимающий около 60 мксек во временной шкале, объясняется уменьшением газового усиления под влиянием пространственного заряда, возникающего в момент импульса мощности реактора.



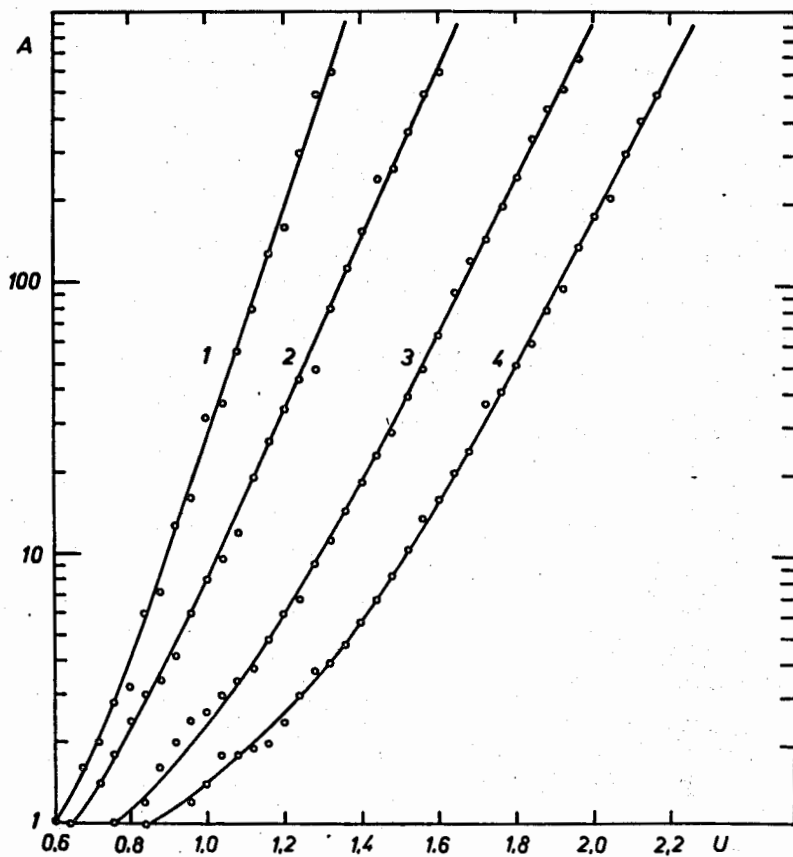


Рис. 2. Кривые зависимости коэффициента газового усиления от напряжения для давлений 280 тор (1); 380 тор (2); 600 тор (3) и 760 тор (4). Рабочий газ - смесь  $Ar + 5\% CO_2$ .

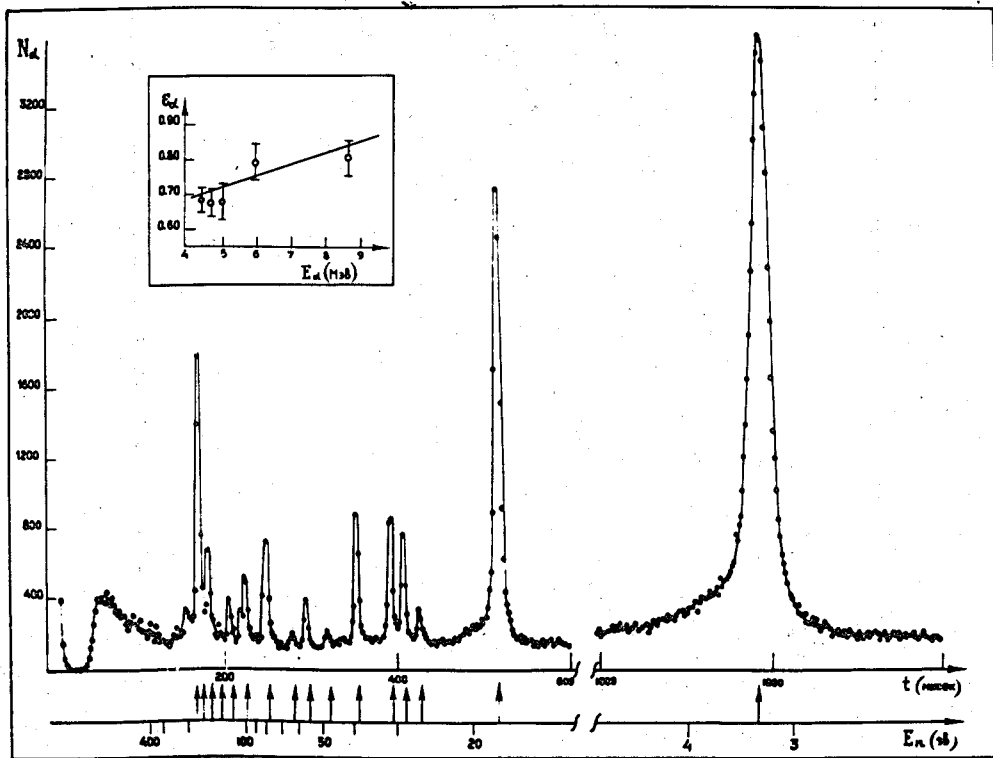


Рис. 3. Временной спектр  $(n, \alpha)$  - реакции на изотопе  $^{147}\text{Sm}$   
 На вставке - зависимость эффективности регистрации  $\alpha$  -частиц от  
 энергии  $E_\alpha$  для давления 450 тор.

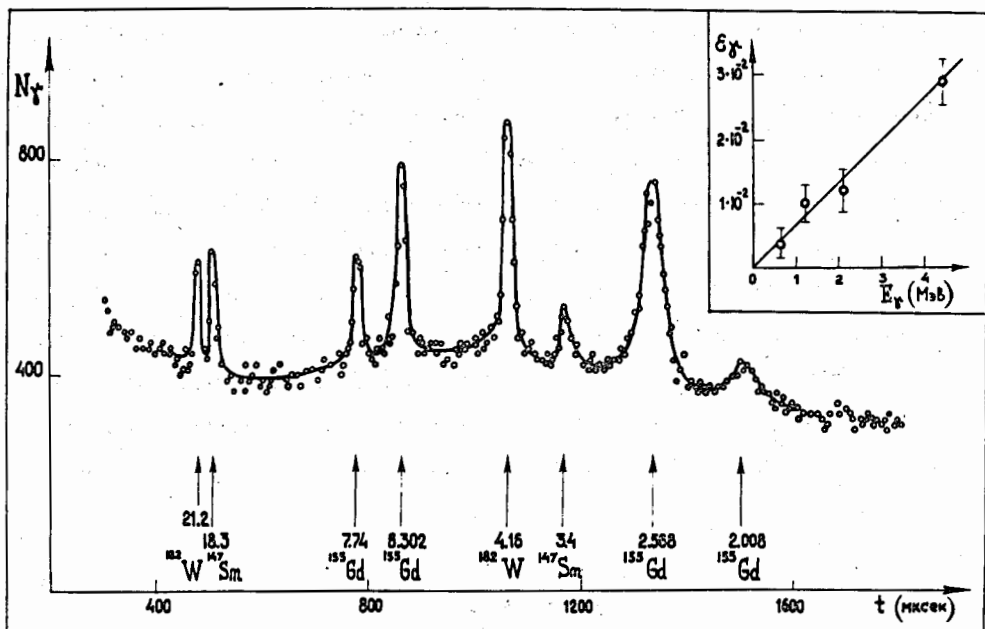


Рис. 4. Временной спектр  $(n, \gamma)$ -реакции на изотопах  $^{155}\text{Gd}$  и  $^{147}\text{Sm}$ . На вставке - зависимость эффективности  $\gamma$ -детектора камеры от энергии  $\gamma$ -квантов.

С помощью контрольных  $\gamma$ -источников  $^{137}\text{Cs}$  ( $E_\gamma = 0,66$  Мэв);  $^{60}\text{Co}$  ( $E_\gamma = 1,25$  Мэв);  $^{24}\text{Na}$  ( $E_\gamma = 2,1$  Мэв) и  $^{212}\text{Po}-^9\text{Be}$  ( $E_\gamma = 4,4$  Мэв) была проведена проверка  $\gamma$ -детектора камеры, которая показала пропорциональность эффективности этого детектора ( $\epsilon_a$ ) энергии  $\gamma$ -квантов (см. вставку на рис. 4). На рис. 4 приведен временной спектр ( $n, \gamma$ )-реакции на изотопах  $^{155}\text{Gd}$  и  $^{147}\text{Sm}$ . Наблюдающиеся резонансы изотопа  $^{182}\text{W}$  вызваны реакцией ( $n, \gamma$ ) на проволочных электродах детектора. Эффективность секций камеры, предназначенных для регистрации реакции ( $n, \gamma$ ), к  $\gamma$ -излучению, измеренная с помощью вышеуказанных  $\gamma$ -источников, составила величину, меньшую  $10^{-8}$ . Собственный фон камеры вне пучка нейтронов составляет  $\approx 10$  имп. мин $^{-1}$  при полной площади мишеней  $13000$  см $^2$ . Таким образом, эта часть фона практически определяется уровнем естественной активности материалов подложек мишеней и проволочных электродов /11/. Увеличение фона камеры на пучке нейтронов от импульсного реактора вызвано, вероятно, быстрыми нейтронами и пропорционально мощности реактора.

### 5. Заключение

Использование описанной многосекционной пропорциональной камеры в поисках реакции ( $n, \alpha$ ) на изотопе  $^{177}\text{Hf}$  /12/ дало положительные результаты (чего ранее не удавалось получить на других детекторах). Обнаружен  $\alpha$ -распад резонансных состояний с рекордно малыми  $\alpha$ -ширинами  $\approx 10^{-9}$  эв. Камера обладает следующими характеристиками:

1. При большой площади мишеней имеет низкий собственный фон, определяемый уровнем естественной активности конструкционных материалов, высокую эффективность к  $\alpha$ -частицам и хорошую дискриминацию от  $\gamma$ -квантов.

2. Не требует установления узкого амплитудного окна, что позволяет использовать толстые (до  $10 \text{ мг.см}^{-2}$ ) мишени, а, следовательно, значительные количества исследуемого вещества ( $\approx 100 \text{ г}$ ).

3. Позволяет проводить измерения в мощных пучках нейтронов и  $\gamma$ -квантов на коротких пролетных расстояниях.

4. Компактна, совмещает  $\alpha$ - и  $\gamma$ -детектор.

5. Проста по конструкции и стабильна в работе.

6. Может быть использована для исследования ядерных реакций с вылетом тяжелых заряженных частиц, а также для измерения малых активностей.

Авторы выражают благодарность С.А. Марушкину и М. Флореку, принимавшим участие в настройке камеры, М. Стэмпиньскому за ценные советы, Ким Чан Сенгу - за помощь в наладке электронной аппаратуры.

#### Литература

1. И. Квитек, Ю.П. Попов, К.Г. Родионов. ПТЭ, №2, 90 (1967).
2. Ю.П. Попов, М. Стэмпиньски. Письма ЖЭТФ, 7, 126 (1968).
3. Ю.П. Попов, М. Стэмпиньски. ПТЭ, №6, 51 (1969).
4. I.Kvitek, Yu.P.Porov. Nucl.Phys., A154, 177 (1970).
5. Ю.П. Попов, М. Флорек. ЯФ, 9, №6, 1163-1172 (1969).
6. Б. Росси, С. Штауб. Ионизационные камеры и счетчики, ИЛ (1951).
7. В.Н. Андреев, В.Г. Недопекин, В.И. Рогов. ЯФ, 8, 38 (1968).
8. Н.Т. Кашукеев, Ю.П. Попов, Ф.Л. Шапиро. Journal of Nuclear Energy A14, 76 (1961).
9. М.С.Мохон, R.R.Rae. Neutron Time-of-Flight Methods, p. 439, Euratom, Brussel (1961).
10. Ли Сам Рен, К.Г. Родионов. ОИЯИ 13-3765, Дубна (1968).

11. D.E.Watt, D.Ramsden. High Sensitivity Counting Techniques Pergamon Press, p. 71 (1964).
12. Ю.П. Попов, В.Г. Семенов, М. Флорек. ОИЯИ, РЗ-5875, Дубна (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 июля 1972 года.