

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

13-87-104

**И.М.Беляев*, О.П.Гавришук, Л.С.Золн,
В.Ф.Переседов**

**ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК
С ВОДЯНЫМ РАДИАТОРОМ
С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ СПЕКТРА**

*Институт теоретической и экспериментальной физики,
Москва

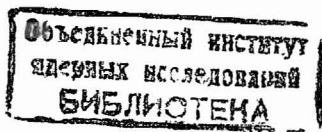
1987

При идентификации частиц с импульсом $\lesssim 1$ ГэВ/с успешно применяют пороговые черенковские счетчики с твердым или жидким радиатором. При малых размерах радиатора обеспечение эффективного светосбора не вызывает трудностей. В случае больших размеров радиатора сбор света с рабочей площади радиатора может быть обеспечен благодаря применению фокусирующей зеркальной оптики или размещению нескольких фотоумножителей по площади радиатора. В обоих случаях помимо усложнения конструкции существенно увеличиваются общие размеры счетчика. Для идентификации частиц с импульсом $0,2 \div 1$ ГэВ/с в спектрометре кумулятивных адронов /установка СКА^{1/1/} было необходимо использовать черенковский счетчик с рабочей апертурой 160×320 мм², с небольшими размерами вдоль оси спектрометра и хорошей магнитной экранировкой. Обеспечить компактность конструкции счетчика с указанной рабочей апертурой и достаточно высокой эффективностью регистрации черенковского излучения удалось путем использования в качестве радиатора дистиллированной воды с растворенной двуназиевой амино-Г-солью* /далее сокращенно - Г-соль/. Г-соль выполняет роль преобразователя спектра черенковского излучения, смещая его в область максимума чувствительности фотокатода ФЭУ. При этом, как показывает опыт использования подобного радиатора^{1/3/}, число фотоэлектронов в области чувствительности фотокатода увеличивается в $\sim 2,5$ раза.

КОНСТРУКЦИЯ СЧЕТЧИКА

Преобразование спектра черенковского излучения Г-солью сопровождается переводом направленного черенковского излучения в изотронное излучение со спектром испускания Г-соли /рис.1/. При этом задача светосбора становится аналогичной случаю обычных сцинтилляционных счетчиков. Это определило конструкцию счетчика /рис.2/. Радиатор выполнен в виде прямоугольной герметичной кюветы размером $200 \times 400 \times 60$ мм² (x, y, z), склеенной из оргстекла толщиной 2,5 мм. С увеличением концентрации Г-со-

* Двунатриевая соль 2-нафтиламин-6,8-дисульфокислоты^{1/2/}.



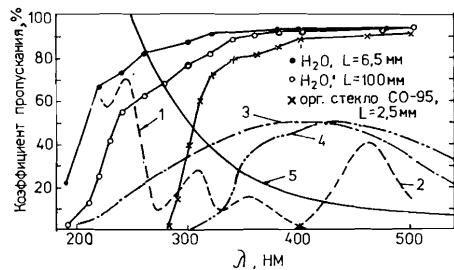


Рис.1. Спектры пропускания воды и оргстекла. Спектрометрические характеристики /в относительных единицах/: 1,2 - спектры поглощения и испускания amino-Г-соли, 3 - спектральная чувствительность фотокатода ФЭУ, 4 - спектральная чувствительность сурьяно-цезиевых фотокатодов, 5 - энергетический спектр черенковского излучения.

ли до 10 мг/л эффективность регистрации быстро растет и далее слабо меняется^{/3/}. Концентрация 80 мг/л соответствует участку насыщения этой зависимости. Толщина слоя воды по пучку $\delta_z = 55$ мм. Узкий торец радиатора с помощью световода из оргстекла длиной 50 мм соединен с входным окном ФЭУ /оптический контакт/. Использование световода вызвано необходимостью улучшения магнитной экранировки ФЭУ. Магнитный экран выполнен из 10 слоев отожженного пермаллоя толщиной 0,1 мм, помещенного в стальной стакан с толщиной стенок 3 мм. Коэффициенты пропускания материалов радиатора и световода были измерены на спектрофотометре СФ-16. Как видно из рис.1, в области спектра испускания Г-соли поглощение в толстом слое воды и оргстекла незначительно. В данной конструкции счетчика нами использован фотоумножитель ХР-2041/Q /диаметр фотокатода 110 мм/, который применялся на разных этапах работы спектрометра в черенковских счетчиках

других типов^{/4/}. Данный тип ФЭУ имеет кварцевое окно, и его спектральная характеристика расширена в ультрафиолетовую область спектра, что не дает преимуществ при регистрации излучения Г-соли. Более доступные фотоумножители с сурьяно-цезиевым фотокатодом могут быть успешно использованы в данном случае. Корпус ФЭУ изолирован от магнитного экрана слоями

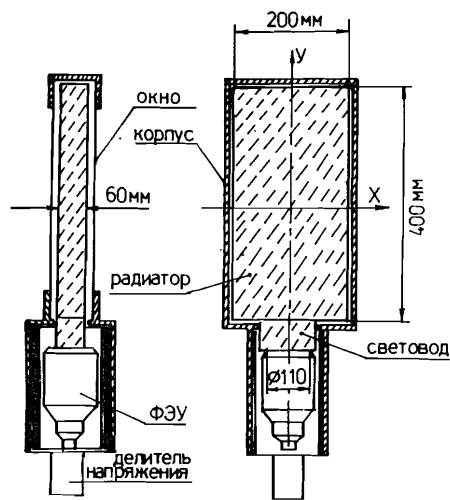


Рис.2. Конструкция порогового счетчика с водяным радиатором.

майлара, так как в соответствии с рекомендациями по использованию ХР-2041/Q^{/5/} колба ФЭУ находится под высоким напряжением. Кювета радиатора помещена в светозащитный кожух с окнами из алюминия толщиной 0,1 мм.

ИСПЫТАНИЕ СЧЕТЧИКА

Черенковский счетчик предварительно был испытан на канале положительных релятивистских частиц со средним значением импульса 3 ГэВ/с /канал №6 ИФВЭ, Протвино/. Черенковский счетчик был включен на совпадение с телескопом сцинтилляционных счетчиков, который выделял пучок размером 15x20 мм^{2*}. Результаты измерений амплитуды сигнала вдоль осевой линии счетчика и по краю рабочей амплитуды показаны на рис.3. Измерения были выполнены на чистой воде и с добавлением Г-соли в концентрации 80 мг/л. Введение Г-соли увеличивает амплитуду сигнала в 4 раза, изменение ее в пределах рабочей апертуры счетчика незначительно. Для сравнения в таблице приведены константы счетчика $A = N_{ФЭ} / (L \cdot \sin^2\theta)^{1/6}$ и число фотоэлектронов $N_{ФЭ}$ на 1 см длины радиатора /при $\beta = 1/$ для испытанных нами конструкций счетчиков с ФЭУ ХР2041/Q: 1 - широкоапертурный газовый счетчик, заполненный элегазом (SF₆) при 20 ати; 2 - силиконо-

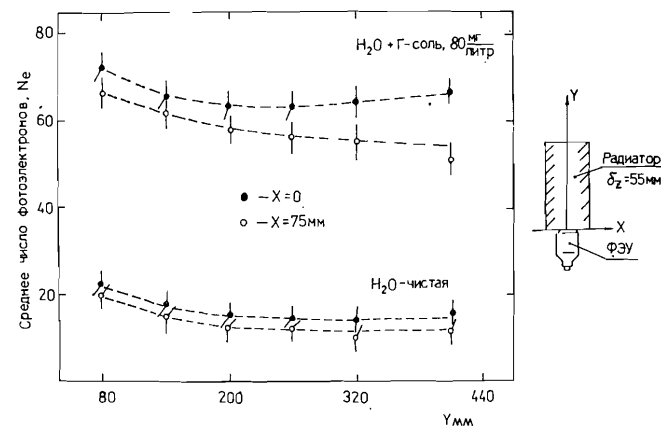


Рис.3. Результаты измерения амплитуды сигнала /в числе фотоэлектронов/ на пучке положительных релятивистских частиц.

* При настройке совпадений необходимо учитывать, что время высвечивания Г-соли составляет около 40 нс.

Таблица

Тип счетчика	Радиатор	Показатель преломления	A	N _{ФЭ} /L (ФЭ/см)	Пороговый импульс, МэВ/с			
					μ	п	к	р
1	Газ SF ₆ 20 ати	1,0145	80	2,8	614	813	2884	5488
2	Аэрогель (Si, O, H)	1,028	15	0,8	400	583	2077	3937
3	Вода, дистилат	1,33	6	2,6	120	159	563	1069
4	Вода, Г-соль	1,33	25	11	120	159	563	1069

вый аэрогелиевый счетчик с конструкцией радиатора, аналогичной /7,8/; 3 - счетчик с водяным радиатором описанной конструкции. Число фотоэлектронов определялось на основе анализа формы амплитудного спектра /9/: $N_{ФЭ} = K(A/Z)^2$, где $K = 1,23$ (для XR2041/Q), A и Z - центр тяжести и среднеквадратичное отклонение для амплитудного распределения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЧЕТЧИКА В МАГНИТНОМ СПЕКТРОМЕТРЕ

В магнитном спектрометре СКА счетчик описанной конструкции был установлен в конце спектрометрического тракта, чтобы исключить влияние вещества радиатора счетчика (6 г/см²) на точность импульсного анализа частиц. Трековые детекторы, расположенные перед счетчиком, фиксируют место прохождения частиц через счетчик. Это позволяет провести подробное исследование эффективности светосбора в пределах рабочей апертуры счетчика. Результат подобного анализа приведен на рис.4. Различие эффективности светосбора по площади 160x320 мм² не превышает 12%. Зависимость величины сигнала A от x, y-координат частицы удовлетворительно аппроксимируется выражением

$$A(x, y) = A_0 \cdot (1 + A_1 y + A_2 y^2 + A_3 x^2 y^2),$$

которое может быть использовано для коррекции амплитудного спектра счетчика /в данном случае $A_1 = 4,2 \cdot 10^{-3}$, $A_2 = 1,57 \cdot 10^{-4}$, $A_3 = 0,95 \cdot 10^{-6}$; x, y - в см/. Слабое изменение амплитуды сигнала в пределах рабочей апертуры счетчика показывает, что при необходимости рабочие размеры радиатора счетчика данной конструкции могут быть существенно увеличены.

Включение \hat{C} -счетчика в схему запуска спектрометра позволяет исключить срабатывание от нерелятивистских частиц $\beta < 0,75$.

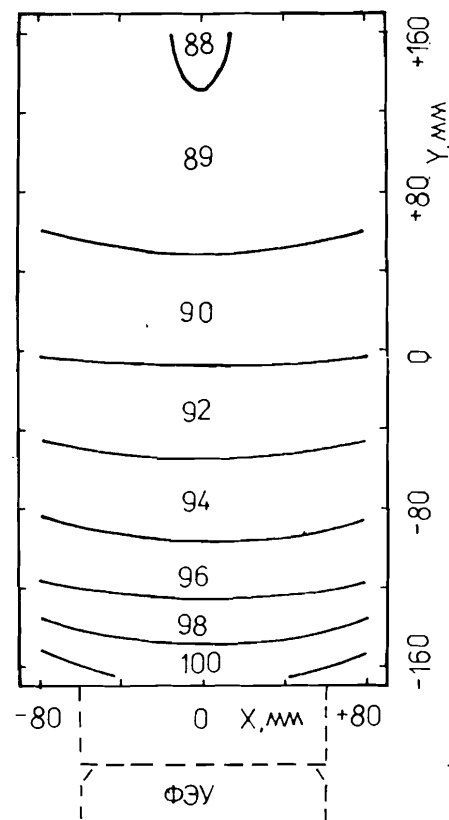
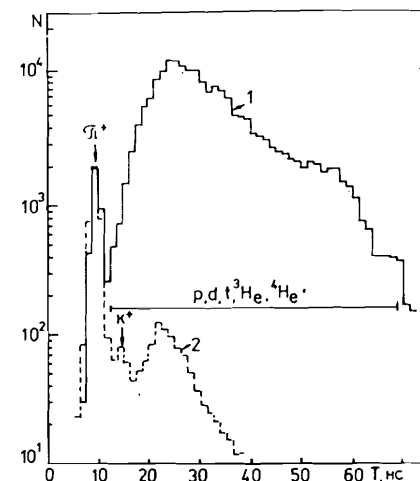


Рис.4. Эффективность светосбора /отн.единицы/ по площади радиатора счетчика.

Рис.5. Времяпролетный спектр положительных вторичных частиц в реакции $p+A \rightarrow h^+ + X$ при регистрации без совпадений /1/ и в совпадении /2/ с сигналами от \hat{C} -счетчика.



Эффективность подавления запусков от тяжелых частиц (p, α, t...) иллюстрируется рис.5, где показан времяпролетный спектр /1/ положительно заряженных частиц h⁺, вылетающих из мишени под углом 159° в реакции $p+A \rightarrow h^+ + X$, и его изменение при отборе совпадений с сигналом от \hat{C} -счетчика /2/. Скорость набора статистики для π-мезонов увеличивается при этом на два порядка.

Распределение амплитуд сигналов с \hat{C} -счетчика для двух направлений поля в магните спектрометра показано на рис.6. Эффективность регистрации пионов с импульсом выше 250 МэВ/с близка к единице. В случае положительных частиц в первых каналах спектра /1/ наблюдаются сигналы от протонов, прохождение которых через радиатор сопровождалось неупругим взаимодействием или образованием жестких δ-электронов. При идентификации частиц в кумулятивных процессах отбор по амплитуде сигналов с \hat{C} -счетчика особенно существенен в жесткой части

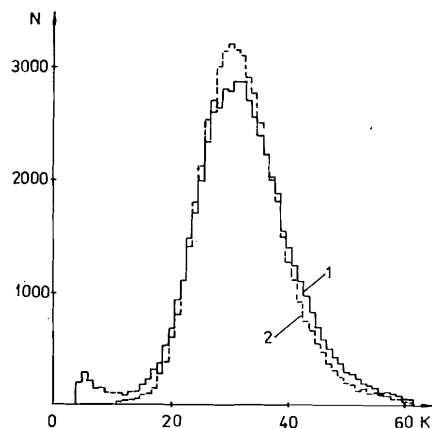


Рис.6. Амплитудный спектр сигналов счетчика в пучках положительных /1/ и отрицательных /2/ частиц.

спектра кумулятивных частиц / выше 800 МэВ/с/, где разделение частиц по времени пролета становится ненадежным из-за частичного перекрытия временных распределений. При импульсах выше порога для К-мезонов /560 МэВ/с/ комбинированный анализ по времени пролета и амплитуде С-счетчика позволяет идентифицировать кумулятивные каоны, содержание которых в пучке кумулятивных частиц находится на уровне $\sim 10^{-3}$.

спектра кумулятивных частиц / выше 800 МэВ/с/, где разделение частиц по времени пролета становится ненадежным из-за частичного перекрытия временных распределений. При импульсах выше порога для К-мезонов /560 МэВ/с/ комбинированный анализ по времени пролета и амплитуде С-счетчика позволяет идентифицировать кумулятивные каоны, содержание которых в пучке кумулятивных частиц находится на уровне $\sim 10^{-3}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев И.М. и др. - В сб.: Труды Совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. ОИЯИ, Д2-82-568, Дубна, 1982, с.114.
2. Химические товары. Справочник. М.: Химия, 1967, т.2, с.10.
3. Ганичев В.Н. и др. - ПТЭ, 1975, 1, с.31.
4. Гаврищук О.П. и др. Сообщение ОИЯИ 13-83-4, Дубна, 1983.
5. Philips Data Handbook, Electron Tubes, Part 9, June 1980.
6. Зрелов В.П. Излучение Вавилова - Черенкова и его применение в физике высоких энергий. М.: Атомиздат, 1968.
7. Fernandez S. et al. - NIM, 1984, 225, 313.
8. Kawai H. et al. - NIM, 1985, 228, 314.
9. Коллар Д. и др. Сообщение ОИЯИ 13-9003, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 февраля 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
Д4-85-851	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
Д13-85-793	Труды XП Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.
Д3,4,17-86-747	Труды У Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

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
19.	Биофизика

Беляев И.М. и др.
Черенковский счетчик с водяным
радиатором с преобразователем спектра

13-87-104

Описан пороговый черенковский счетчик, радиатор которого выполнен в виде кюветы /200x400x60 мм³/, заполненной раствором амино-Г-соли в воде. Амино-Г-соль преобразует черенковское излучение в диапазоне 400-550 нм. Эффективность светосбора в пределах рабочей площади радиатора меняется незначительно. Счетчик был использован в магнитном спектрометре для идентификации частиц и организации избирательного триггера.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Belyaev I.M. et al.
Cherenkov Counter Using a Water Radiator
with a Spectrum Converter

13-87-104

A threshold Cherenkov counter is described. Its radiator is made as a cell (200x400x60 mm³) filled with an aqueous amino-G-salt solution. Amino-G-salt is used to convert Cherenkov radiation to isotropic one over a range of 400-550 nm. The light collection efficiency changes insignificantly within the fiducial volume of the radiator. The counter is used in the magnetic spectrometer for particle identification and selective triggering.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987