

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б - 811

1-84-214

УДК 539.172.8

БОНДАРЕВ

Владимир Константинович

КУМУЛЯТИВНОЕ РОЖДЕНИЕ
БАРИОННЫХ СИСТЕМ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1984

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук
профессор

Валентин Семенович
СТАВИНСКИЙ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

Георгий Александрович
ЛЕКСИН

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

Геннадий Михайлович
ЗИНОВЬЕВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение -
Ленинградский институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова АН СССР, Гатчина Ленинградской области

Защита диссертации состоится "7" июля 1984 года в
11 час. на заседании специализированного совета Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, Дубна, Московской области, конференц-зал ЛВЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ

Автореферат разослан "28" апреля 1984 года

Ученый секретарь

специализированного совета

М.Ф. ЛИХАЧЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Интерес к исследованию столкновений частиц и ядер высоких энергий с ядрами возрос в связи с экспериментальным обнаружением кумулятивных π -мезонов. На возможность образования кумулятивных частиц в столкновениях релятивистских ядер впервые указал А.М.Балдин^{х)}, основываясь на идее о локальности взаимодействия ядронов в процессах с большими передачами импульса. Появление кумулятивной частицы в области, запрещенной кинематикой столкновения свободных нуклонов, связано с участием во взаимодействии группы нуклонов ядра, находящихся в характерном для мезонообразования объеме $\sim \langle R_A \rangle^4$. Исходная гипотеза кумулятивного эффекта предполагала также пропорциональность сечения рождения частиц объему ядра и независимость спектров кумулятивных частиц от сорта и энергии первичных частиц, поскольку свойства вторичных частиц должны описываться единой универсальной функцией. Отмеченные следствия получили экспериментальное подтверждение в исследованиях кумулятивного рождения π -мезонов^{хх)}.

В целях полноты исследования кумулятивного эффекта возникла задача об изучении свойств кумулятивного рождения барионных систем.

Цель работы.

1. Физическое обоснование постановки эксперимента для изучения кумулятивного эффекта.

2. Методическая реализация экспериментальной установки ДИСК-2.

3. Оценка и процедура вычисления необходимых поправок при обработке экспериментальных данных.

4. Получение экспериментальной информации по кумулятивному рождению частиц ($p, d, t, {}^3\text{He}, {}^4\text{He}$) на пучках протонов и дейтронов с импульсом 8,9 ГэВ/с в области углов наблюдения $90^\circ + 180^\circ$, интервале импульсов $0,3 + 1,4$ ГэВ/с на ядрах: ${}^6, {}^7\text{Li}, \text{Be}, \text{C}, \text{Al}, \text{Si}, {}^{54, 56, 58}\text{Fe}, {}^{58, 61, 64}\text{Ni}, {}^{64}\text{Zn}, {}^{112, 118, 124}\text{Sn}, {}^{144, 154}\text{Sm}, {}^{182, 186}\text{W}, \text{Pb}, \text{U}$.

5. Анализ экспериментальных данных.

Научная новизна и значимость работы. Впервые проведено систематическое исследование кумулятивного рождения протонов, дейтронов, трития, ${}^3\text{He}, {}^4\text{He}$ на пучках протонов и дейтронов с импульсом 8,9 ГэВ/с. Детально измерены энергетические спектры в области углов $90^\circ + 180^\circ$, интервале импульсов $0,3 + 1,4$ ГэВ/с для однозарядных частиц. При нескольких значениях фиксированных импульсов подробно измерена угловая

х) Балдин А.М. Краткие сообщения по физике АН СССР, 1971, № 1, с. 35.

хх) Балдин А.М. и др. ЯФ, 1974, т. 20, с. 1201.

зависимость сечений в μA и dA - взаимодействиях. Получены энергетические спектры фрагментов ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в интервале импульсов

0.6 ± 3 ГэВ/с. Детально исследована A -зависимость сечений кумулятивного рождения протонов, дейтронов и трития для импульсов 500 и 800 МэВ/с на большом наборе фрагментирующих ядер, включая разделенные изотопы лития, железа, никеля, цинка, олова, самария и вольфрама. Определены показатели степени n в A -зависимости сечений рождения протонов, дейтронов и трития в интервале углов $90^\circ \pm 180^\circ$ и импульсном интервале $0,3 \pm 1,4$ ГэВ/с.

Исследована зависимость сечений от квадрата поперечного импульса при фиксированных значениях масштабной переменной X . Проведен анализ полученных экспериментальных данных в переменных X и P_{\perp}^2 .

Экспериментальные данные, полученные в диссертации, по существу, являются полным инклюзивным опытом и основой для проверки различных теоретических моделей кумулятивного рождения частиц в инклюзивных реакциях.

Апробация работы и публикации. Результаты, составившие диссертацию, обсуждались на научных семинарах научно-экспериментального методического отдела, отдела релятивистской ядерной физики ЛВЭ, докладывались автором на II Всесоюзном совещании по предельной фрагментации ядер (Москва, 1982). Экспериментальные данные представлялись на IV Международном семинаре по физике высоких энергий (Дубна, 1975), на XUS и XIX Международные конференции по физике высоких энергий (Тбилиси, 1976; Токио, 1978).

Основные результаты диссертации изложены в 9 публикациях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов. Работа изложена на 157 страницах, включая 45 рисунков и 24 таблицы. Список цитируемой литературы содержит 84 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены следствия исходной гипотезы кумулятивного эффекта, нашедшие экспериментальное подтверждение в исследовании кумулятивного рождения мезонов на ядрах, формулируется задача работы и кратко изложено содержание диссертации.

В первой главе рассмотрены необходимые понятия, служащие введением в предмет исследования.

В § I вводится понятие инклюзивных реакций и кратко изложены результаты $e+p \rightarrow e'+\dots$ процесса, положившие начало интенсивному исследованию глубоконеупругих реакций на пучках лептонов и адронов, обнаруживших масштабно-инвариантное поведение структурных функций,

характеризующих сечение глубоконеупругого рассеяния. Эти исследования привели к созданию партонной модели и, в конечном счете, квантовой хромодинамики - современной теории сильных взаимодействий.

В § 2 излагается фрагментационная модель кумулятивного эффекта А.М.Балдина^{x)}, в которой вводится понятие кварк-партонной структурной функции ядра, определяющей поведение сечения кумулятивного рождения частиц и не сводимой к совокупности структурных функций составляющих ядро нуклонов. Кварк-партонная структурная функция ядра характеризует универсальное распределение кварков по импульсам в ядрах.

В пользу фрагментационной модели свидетельствуют следующие аргументы.

1. Поперечное сечение процесса $I + II \rightarrow l + \dots$, где I - налетающая частица, II - фрагментирующее ядро, l - наблюдаемая кумулятивная частица (углы эмиссии $\theta > 90^\circ$) в области значений масштабной переменной $X \sim 1$ и $P_{\perp} = 0$ перестает зависеть от начальной энергии, начиная с ~ 4 ГэВ.

2. В области первичных энергий $4+400$ ГэВ и значений $0,6 \leq X \leq 3,5$ аппроксимируется простой зависимостью

$$E \frac{d\sigma}{dP_{\perp}} \approx \text{const} \cdot A_I^{1/2} \cdot A_{II}^{m(x)} \cdot \exp\left(-\frac{X}{\langle X \rangle}\right).$$

Параметр $\langle X \rangle$ в пределах экспериментальных ошибок не зависит от квантовых чисел кумулятивных частиц и равен $0,14$ с точностью $\sim 10\%$. Для кумулятивных мезонов показатель степени $m(x)=1$ при $x > 1$ и $A > 20$. В области значений $0,6 \leq X \leq 1$ $m(x)=2/3+x/3 \leq 1$.

3. В пределах ошибок эксперимента наблюдается равенство сечений π^+ , π^- и K^+ мезонов для одинаковых значений X , связанное с тем, что они определяются одной и той же структурной функцией. Подавление сечения рождения K^- -мезонов может происходить по причине отсутствия валентных кварков, содержащихся в ядрах и K^- -мезонах.

В § 3 рассмотрены переменные, характерные для релятивистской ядерной физики. Определяется выражение масштабной переменной с учетом массовых поправок при конечной энергии первичных частиц, отмечается возможность проявления корреляционных эффектов в кумулятивном рождении барионных систем, поскольку разности быстроев (фрагмент-фрагментирующее ядро) составляют величины, значительно меньшие $\Delta y=2$.

Во второй главе описывается методика проведения эксперимента.

В § I дается общая характеристика экспериментальной установки ДИСК-2, представляющей собой спектрометр по времени пролета в сочетании с магнитным анализом вторичных частиц по импульсам. Угловой диа-

x) Baldin A.M., JINR, E2-83-415, Dubna, 1983.

пазон установки составляет $49^{\circ}+180^{\circ}$, интервал регистрируемых импульсов однозарядных частиц $0,15+1,6$ ГэВ/с. Установка позволяет вести одновременную регистрацию $\pi^{\pm}, K^{\pm}, P^{\pm}, d, t, {}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в широком диапазоне фрагментирующих ядер, включая криогенные мишени. Акseptанс установки составляет величину $1,72 \cdot 10^{-5}$ стерадиан.

В § 2 описывается способ идентификации вторичных частиц и регистрирующая аппаратура. Идентификация частиц осуществляется посредством выделения их магнитом по заряду и импульсу, измерения времени пролета на двух базах, измерения ионизационных потерь в сцинтилляторах счетчиков и интенсивности черенковского излучения частиц.

В § 3 описана организация связи установки на линии с ЭВМ БЭСМ-4 и ЕС-1040, позволяющих в процессе работы вести технический и физический контроль набора статистики, производить предварительный анализ данных в промежутках между циклами сброса пучка и последующую обработку экспериментальной информации на основе многомерного анализа.

В § 4 рассмотрена методика выделения полезных событий. Эффективным средством является алгоритм χ^2 -критериев, использующий линейную связь времени пролета частиц на двух времяпролетных базах, спектры ионизационных потерь исследуемых частиц и спектры частиц в черенковских счетчиках. Применение многомерного анализа дает возможность разделять исследуемые частицы с высокой степенью подавления фоновых и случайных событий.

В § 5 описана процедура вычисления сечений по экспериментальным данным, полученным на установке. Вычисление сечений проводится двумя способами - интегральным, т.е. по усредненному значению импульсов в интервале Δp , и поканальном, когда сечения вычисляются внутри импульсного интервала Δp . Последним способом получены сечения для фрагментов гелия. Сравнение двух методов вычисления сечений проведено для ядер трития. Описан также метод расчета поправок на конечное импульсное и угловое разрешение, многократное рассеяние и торможение в мишени и веществе канала спектрометра. Для методических целей проведено моделирование эффективности работы спектрометра методом Монте-Карло, результаты расчета сравниваются с экспериментальными спектрами для всех исследуемых частиц.

Третья глава содержит полученные в настоящей работе экспериментальные результаты.

В § 1 дается характеристика полученных экспериментальных данных и описаны свойства использованных в работе ядер-мишеней из разделенных изотопов. В § 2 представлены таблицы инвариантных инклюзивных сечений для всех исследованных в работе частиц и фрагментирующих ядер в угловом диапазоне $90^{\circ}+180^{\circ}$ и импульсном интервале $0,3+1,4$ ГэВ/с.

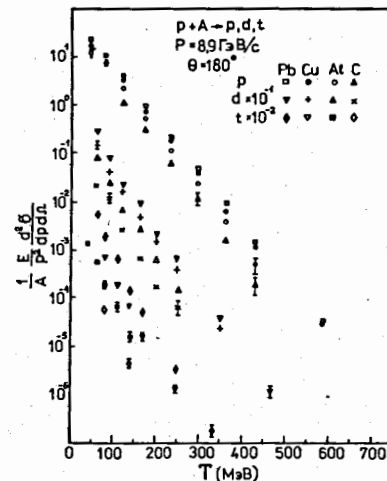


Рис. 1. Энергетические спектры протонов, дейтронов и трития

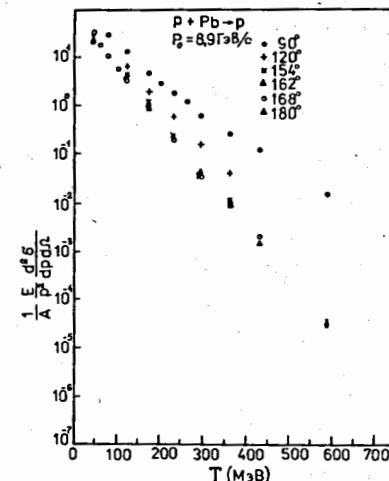


Рис. 2. Энергетический спектр протонов для разных углов

В четвертой главе обсуждаются полученные экспериментальные данные.

В § 1 рассматриваются энергетические спектры протонов, дейтронов, трития, ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ и обсуждаются их свойства. Например, как видно из рис. 1, не наблюдается экспоненциальное поведение сечений и подобие спектров из различных ядер. Энергетический спектр протонов из ядра Pb для различных углов наблюдения демонстрируется на рис. 2. Аналогичное поведение свойственно и для других наблюдаемых частиц и фрагментирующих ядер. Спектры частиц для углов 90° и 168° в измеренном энергетическом диапазоне отклоняются от простой экспоненциальной зависимости, но могут быть приближенно аппроксимированы суммой двух экспонент с различными параметрами наклона на участках ≤ 800 МэВ/с и выше этого значения. Сравнение экспериментальных данных для всех исследованных частиц, полученных в настоящей работе при энергии 8 ГэВ и результатов при первичной энергии 400 ГэВ (протоны^{x)} и легкие фрагменты^{xx)} обнаружило близкие значения величин сечений в мягкой части спектров и расхождение примерно на порядок величины в жесткой части спектров.

x) Bayukov Y.D. et al. Phys. Rev., 1979, C20, p. 764.

xx) Frankel S. et al. Phys. Rev., 1979, C20, p. 2257.

В § 2 рассмотрены угловые зависимости сечений для протонов, дейтронов и трития в pA и dA - взаимодействиях на ядрах Pb и Al . В интервале углов $90^\circ + 180^\circ$ сечения для указанных частиц в зависимости от $\cos \theta$ отклоняются от линейной зависимости, в интервале углов $150^\circ + 180^\circ$ сечения изменяются незначительно, вблизи угла 180° наблюдается нерегулярное поведение сечений, в особенности для протонов.

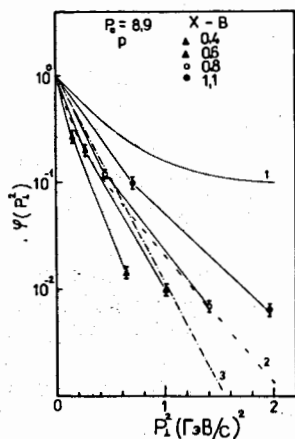


Рис. 3

Зависимость инвариантного инклюзивного сечения рождения протонов от квадрата поперечного импульса для различных интервалов масштабной переменной $X-B$

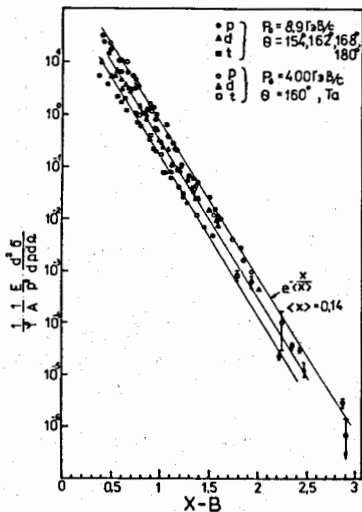


Рис. 4

Универсальное описание спектров барионов однопараметрической кварк-партоновой структурной функцией ядра

В § 3 проводится анализ результатов в зависимости от масштабной переменной X и P_1^2 . Функциональная зависимость от P_1^2 находится из отношения сечений при фиксированных значениях X и различных значениях P_1^2 . Поведение функции $\varphi(P_1^2)$ показано на рис. 3 для протонов. Аналогичное поведение имеет место для дейтронов и трития. Кривые 1, 2 и 3 на рис. 3 отражают различные параметризации функции $\varphi(P_1^2)$. Как видно из рис. 3, зависимость $\varphi(P_1^2)$ носит сложный характер, демонстрируя отсутствие факторизации сечений в переменных X и P_1^2 . Зависимость от X и P_1^2 определяет поведение сечений в функции $\cos \theta$, отмеченное в § 2.

Выбирая параметризацию $\varphi(P_1^2)$ вида

$$\varphi(P_1^2) = [\exp(-10 P_1^2) + 0.45 \exp(-2.7 P_1^2)] / 1.45,$$

изображенную кривой 2 на рис. 3, можно привести данные для различных углов наблюдения к данным для угла 180° , т.е. представить зависимость сечений в виде

$$G(X) = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{\varphi(P_1^2)} \cdot \frac{E}{p^2} \frac{d^2\sigma}{d\Omega} \approx G_0 \exp(-\frac{X}{\langle X \rangle}),$$

где параметр наклона $\langle X \rangle \approx 0.14$. Такое представление справедливо для протонов, дейтронов и трития в интервале первичных энергий $8+400$ ГэВ и в области значений $p_1^2 \leq 0.2$ (ГэВ/с)². Зависимость $G(X)$ показана на рис. 4 в функции переменной $X-B$, где B - число барионов в составе фрагмента. В представлении $X-B$ результаты при энергиях 8 ГэВ и 400 ГэВ практически совпадают и для фрагментов гелия.

В § 4 обсуждается зависимость сечений кумулятивного рождения протонов, дейтронов и трития от атомного веса фрагментирующих ядер.

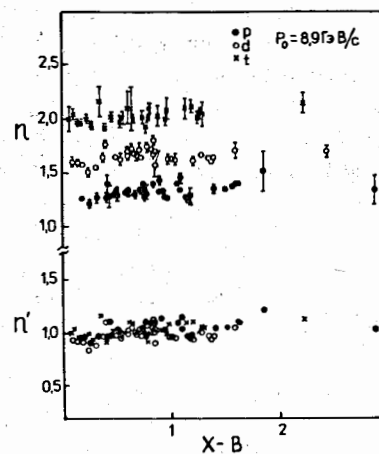


Рис. 5

Показатель степени A -зависимости инвариантных инклюзивных сечений протонов, дейтронов и трития в функции масштабной переменной $X-B$. Представлены экспериментальные данные в интервале импульсов $0.3+1.4$ ГэВ/с в диапазоне углов наблюдения $90^\circ + 180^\circ$.

A -зависимость сечений детально исследована на большой группе ядер, включая разделенные изотопы наиболее экзотических ядер периодической системы элементов. Впервые обнаружена усиленная A -зависимость сечения рождения барионных систем (p, d, t), обнаружен изотопический эффект (независимость сечения рождения протонов от нейтронного избытка в ядрах), отмечено, что более регулярной является зависимость сечений типа Z^n . Величина показателя степени n в A -зависимости сечений для протонов, дейтронов и трития в области углов $90^\circ + 180^\circ$ и импульсном интервале $0.3+1.4$ ГэВ/с показана на рис. 5. На этом же рисунке показана величина показателя степени n' , полученная введением параметра "нелокальности" ξ , который отражает влияние поверхностных эффектов ядра на эмиссию исследованных частиц.

В § 5 проведен сравнительный анализ кумулятивного рождения мезонов^{x)} и барионных систем. Отмечено, что кумулятивное рождение барионных систем повторяет основные черты кумулятивного рождения мезонов в области углов, близких к 180° , но имеются и принципиальные отличия в поведении A -зависимости сечений и функций $\varphi(P_T^2)$, обусловленные, по-видимому, в случае рождения барионных систем вторичными процессами в ядрах.

В § 6 рассмотрен ряд теоретических моделей кумулятивного рождения адронов, использующих как чисто ядерные представления, так и представления, основанные на учете кварковых степеней свободы. Вся совокупность экспериментальных данных не находит объяснения в рамках существующих моделей.

В выводах сформулированы основные результаты диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Создана экспериментальная установка, позволяющая вести одновременную регистрацию $\mathcal{L}, K, p, d, t, {}^3\text{He}, {}^4\text{He}$ посредством измерения времени пролета, ионизационных потерь, интенсивности черенковского излучения и магнитного анализа частиц по импульсам. Установка способна работать при интенсивности первичного пучка $2 \cdot 10^{11}$ частиц за цикл ускорителя, среднее разрешающее время составляет 260 псек. Вторичные частицы регистрируются в интервале импульсов 0.3 ± 1.4 ГэВ/с и угловом диапазоне $49^\circ \pm 180^\circ$. Установка работает на линии с ЭВМ ЕС-1040.

2. Измерены инвариантные инклюзивные сечения рождения протонов, дейтронов, трития в pA и dA -взаимодействиях при импульсе первичных частиц 8.9 ГэВ/с и сечения рождения фрагментов ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в pA -взаимодействии.

Впервые детально исследованы энергетические спектры p, d, t фрагментирующихся ядер Pb, Cu, Al, C для углов наблюдения $90^\circ, 120^\circ, 154^\circ, 162^\circ, 168^\circ, 180^\circ$ в интервале импульсов 0.3 ± 1.4 ГэВ/с. Впервые измерено сечение рождения ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в жесткой части спектров под углами 90° и 168° для ядер Pb, Cu, Al .

Впервые обнаружена и детально исследована усиленная A -зависимость сечений для протонов, дейтронов и трития в диапазоне углов $90^\circ \pm 180^\circ$ и импульсном интервале 0.3 ± 1.4 ГэВ/с. Исследование A -зависимости сечений на разделенных изотопах Li, Fe, Ni, Zn, Sn, Sm и w обнаружило новое явление, состоящее в том, что сечения рождения протонов не за-

^{x)} Baldin A.M. et al. JINR, E1-82-472, Dubna, 1982.

висит от нейтронного избытка в ядрах (изотопический эффект).

Впервые детально исследована угловая зависимость сечений для протонов, дейтронов и трития в pPb и dPb -взаимодействиях для импульсов фрагментов 500, 700 и 900 МэВ/с. Вблизи угла 180° обнаружен "пик" в сечении рождения протонов с импульсом 500 МэВ/с в pPb -взаимодействии.

3. На основе анализа экспериментальных данных в переменных X и P_T^2 при значениях $P_T^2 \leq 0.2$ (ГэВ/с)² получено, что сечения рождения барионных систем описываются простой экспоненциальной зависимостью от масштабной переменной X с параметром наклона $\langle X \rangle = 0.14$, как и для кумулятивного рождения мезонов. Как показал анализ, аналогичные зависимости наблюдаются в экспериментальных данных, полученных при энергии 400 ГэВ коллаборацией ИТЭФ-Пенсильвания.

Впервые исследована зависимость сечения рождения барионных систем от квадрата поперечного импульса при фиксированном значении X в интервале $0.2 \leq P^2 \leq (2 \text{ ГэВ/с})^2$.

Показано, что сечения не факторизуются в этих переменных, что выделяет рождение барионных систем в особый класс реакций по сравнению с кумулятивным рождением мезонов.

4. Отличие кумулятивного рождения барионных систем от кумулятивного рождения пионов проявляется и в A -зависимости. Пропорциональность сечения объему ядра (усиленная A -зависимость) достигается введением геометрического параметра "нелокальности". Показатель степени n в A -зависимости не зависит от аргумента X и одинаков для $X < 1$ и $X > 1$.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Балдин А.М., Бондарев В.К., Зуберев В.Н., Манятовский А.Н., Мороз Н.С., Повторейко А.А., Панебратцев Ю.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. Закономерности масштабно-инвариантного взаимодействия релятивистских ядер. ОИЯИ, I-8858, Дубна, 1975.- 10 с.
2. Аверичева Т.В., Балдин А.М., Басиладзе С.Г., Бондарев В.К., Джордэнеску Н., Голованов Л.Б., Крячко А.П., Мазарский В.Л., Манятовский А.Н., Метюшевский Е.А., Мороз Н.С., Нежданова С.А., Никитюк Н.М., Панебратцев Ю.А., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н., Цвинев А.П. Установка для исследования кумулятивного рождения частиц (ДИСК). ОИЯИ, I-11317, Дубна, 1978.- 20 с.
3. Балдин А.М., Бондарев В.К., Манятовский А.Н., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. Энергетические спектры и A -зависимости кумулятивного рождения барионных систем. ОИЯИ, P1-11302, Дубна, 1978.- 19 с.

4. Балдин А.М., Бондарев В.К., Мянатовский А.Н., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н., Экспериментальные исследования предельной фрагментации ядер при больших порядках кумулятивности. ОИЯИ, I-12396, Дубна, 1979. - 12 с.
5. Балдин А.М., Бондарев В.К., Гиордэнеску Н., Мянатовский А.Н., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Пенця М., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. Экспериментальные данные по кумулятивному рождению положительных и отрицательных каонов в рРb-взаимодействии. ОИЯИ, I-80-488, Дубна, 1980. - 4 с.
6. Балдин А.М., Бондарев В.К., Гиордэнеску Н., Литвиненко А.Г., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Пенця М., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. Кумулятивное рождение ядер трития, ^3He и ^4He . ОИЯИ, PI-83-431, Дубна, 1983. - 20 с.
7. Балдин А.М., Бондарев В.К., Гиордэнеску Н., Литвиненко А.Г., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Пенця М., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. Экспериментальные данные по инклюзивным сечениям кумулятивного рождения протонов, дейтронов и трития. ОИЯИ, PI-83-432, Дубна, 1983. - 24 с.
8. Балдин А.М., Бондарев В.К., Гиордэнеску Н., Литвиненко А.Г., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Пенця М., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. Вычисление сечений кумулятивного рождения частиц по экспериментальным данным установки ДИСК-2. ОИЯИ, PI-83-433, Дубна, 1983. - 16 с.
9. Балдин А.М., Бондарев В.К., Гиордэнеску Н., Литвиненко А.Г., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Пенця М., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. моделирование эффективности спектрометра ДИСК-2 методом Монте-Карло. ОИЯИ, PI-83-434, Дубна, 1983. - 20 с.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 апреля 1984 года.