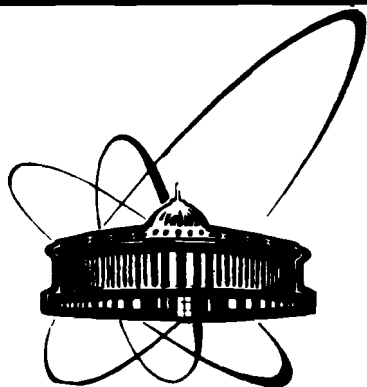


89-798



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

С 57

18-89-798

Н. Содном¹, Д. Баатархуу, А. Г. Белов,
Ш. Гэрбиш, В. Е. Жучко, Х. Сиражет²,
Б. Сэргэлэн, Ю. Г. Тетерев

ПРОЕКТ ЛАБОРАТОРИИ
АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА
НА БАЗЕ МИКРОТРОНА МНР

Направлено в журнал "Вестник АН МНР"

¹Президиум АН МНР, Улан-Батор

²ИФ и Т АН МНР, Улан-Батор

Задача расширения сырьевой базы горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности МНР выдвигает новые требования к качеству работы аналитических лабораторий. Это - повышение экспрессности, представительности, чувствительности (до 10^{-5} - $10^{-6}\%$) и точности анализов, а также увеличение количества ежегодно проводимых анализов и снижение их стоимости. Экономический курс на комплексное использование минерального сырья и безотходную технологию диктует необходимость определения содержания большого числа элементов. Объем аналитических работ Центральной лаборатории геологической службы МНР за 30 лет возрос в 15 раз. В этой лаборатории химическими и спектральными методами выполняются анализы для определения содержания более 69 элементов (или их соединений) в 600 тысячах проб в год^{11/}.

Однако состояние аналитических работ из-за возросшего объема анализов не удовлетворяет сегодняшним потребностям страны. Возникают трудности, связанные с необходимостью автоматизации проведения анализов и обработки аналитической информации. Наилучшим образом этому требованию удовлетворяют ядерно-физические методы анализа. Задача их внедрения в аналитическую службу МНР становится первоочередной и перспективной.

Из ядерно-физических методов наибольшее распространение получил нейтронный активационный анализ (НАА) с использованием реакторов. Но в условиях Монголии широкое использование реактора пока недоступно. Строительство собственного реактора при существующем объеме потребностей в анализах не является рентабельным. Вместе с тем в условиях Монголии успешно могут осуществляться ядерно-физические методы с использованием существенно более дешевых и доступных источников излучения, например, таких, как ускорители электронов на энергию 10-30 МэВ. С их помощью может проводиться не только НАА, но и гамма-активационный анализ (ГАА), который является наилучшим дополнением НАА.

При использовании электронных ускорителей был разработан большой набор активационных методов анализа. Разработаны методики анализа полиметаллических^{12/}, бериллий-вольфрам-молибденовых^{13/}, титано-циркониевых^{14/}, золотосодержащих^{15/} и ряда других типов руд на основные полезные компоненты. В таблице I приведены пределы обнаружения, достигнутые нами с применением микротрона для анализа природных образцов.

Учитывая наличие разработанных и опробованных методик, а также имеющийся опыт изготовления и эксплуатации, авторы остановились на микротроне МТ-22^{17,18/}, который прошел многолетние испытания в лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Основные рабочие параметры микротрона приведены в таблице 2.

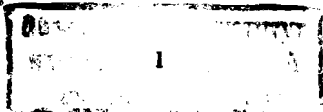


Таблица I
Пределы обнаружения, достигнутые с применением
микротрона для анализа природных образцов (г/т)

Определяемые элементы	Пределы обнаружения	Определяемые элементы	Пределы обнаружения
C	100	Cd	10
N	20	In*	1
O	150	Sn	10
F	70	Sb	0,5
Na	20*	Te	5
Mg	50	I	3
Al	250*	Cs	5
Si	150	Ba	2
Cl	10	La*	1
K	150	Ce	1
Ca	50	Pr*	10
Sc	1	Nd	1
Ti	10	Sm	0,5
V	5	Eu*	10
Cr	10	Gd	5
Mn	20*	Tb*	3
Fe	100	Dy*	5
Co	50	Ho	10
Ni	1	Er	1
Cu	20	Tm	5
Zn	5	Yb	5
Ga	10	Lu*	1
Ge	10	Hf	5
As	0,5	Ta	0,5
Se	10*	W*	0,5
Br	10*	Re	1
Rb	5	Os	5
Sr	0,5	Ir	5
Y	5	Pt	5
Zr	5	Au*	0,05
Nb	5	Hg	1
Mo	5	Tl	1
Ru	10	Pb	1
Rh	10	Bi	10
Pd	10	Th	0,1

Таблица I (продолжение)

Ag	IO*	U	O,I
Примечание: * - элементы определены методом НАА с помощью фотонейтронов микротрона.			

Таблица 2
Основные рабочие параметры микротрона МТ-22

Параметры	Показатели
Максимальное число орбит	24
Энергия ускоренных электронов с плавной регулировкой от 14 до 22 МэВ	
Средний ток	20 мкА
Длительность импульса тока	2,3 мкс
Плотность потока тепловых нейтронов (при использовании уран-бериллиевого конвертора)	$6 \cdot 10^8$ н/см ² с
Потребляемая мощность	около 20 кВт
Диаметр магнита наружный	1440 мм
Вес	2000 кг

Компоновка лаборатории

Общий вид лабораторного здания, расположенного на территории институтов АН МНР, схематически показан на рис. I. Лабораторное здание кроме микротронного помещения имеет двухэтажный корпус с общей площадью

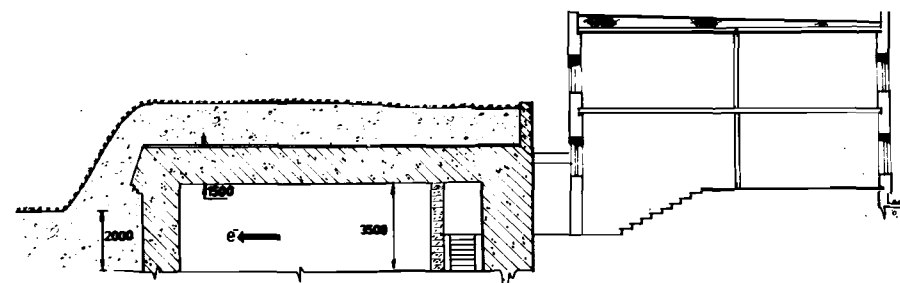


Рис. I. Схематический вид здания микротронной лаборатории.
e⁻ - уровень и направление ускоренного электронного пучка, выведенного из ускорителя.

около 400 м². В этом корпусе предполагается проведение научно-исследовательских, измерительно-вычислительных и пробоподготовительных работ, а также химическая обработка проб. Там же предусмотрены помещения для

обслуживания микротрона и электронной аппаратуры. Помещение (рис. 2) микротрона с полезной площадью 70 м² имеет бетонные стены и потолок толщиной 1,5-2 м. Здание микротрона сверху имеет грунтовую обваловку.

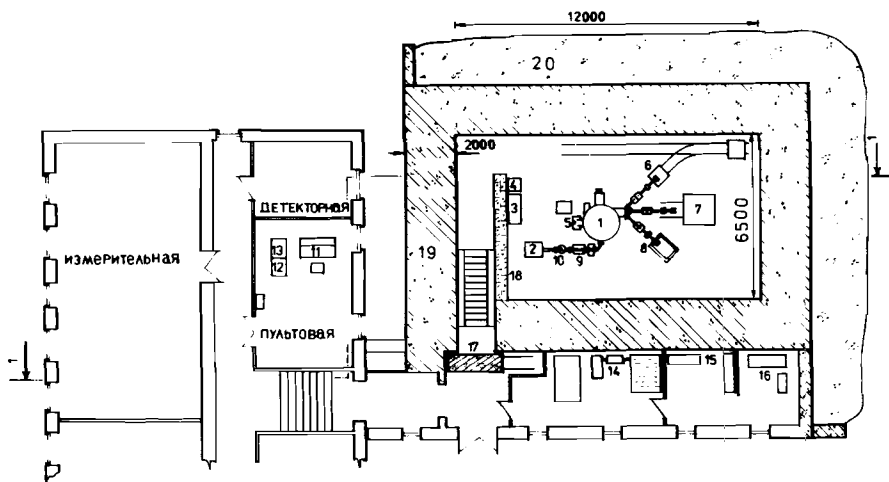


Рис. 2. Схема размещения микротрона MT-22. I - камера микротрона; 2 - блок излучателя (СВЧ-генератор); 3,4 - модулятор; 5 - вакуумная система; 6 - сборка для формирования смешанного гамма- и нейтронного поля; 7 - графитовый замедлитель для получения тепловых и резонансных нейтронов; 8 - установка для облучения гамма-квантами; 9 - ферритовый вентиль; 10 - фазовращатель; II - пульт управления; I2 - стойка питания; I3 - щит управления; I4 - система охлаждения; I5 - система калориферного отопления, вентиляция; I6 - электромашинный агрегат; I7 - защитная дверь; I8 - разборная бетонная стена; I9 - защитная бетонная стена; 20 - грунт.

Радиационная защита обеспечивает безопасность за пределами территории при работающем ускорителе^{/9/}. Для расширения возможностей микротрона (использования первичных и конвертируемых излучений) предусмотрена возможность транспортировки пучка ускоренных электронов в другое помещение.

Нейтронный канал микротрона, общий вид и конструкция которого приведены на рис. 3, в принципе не отличается от устройства, описанного в работах^{/6,10/}. Общий вид пространственного распределения потока эпитепловых нейтронов в каналах графитового куба показан на рис. 4.

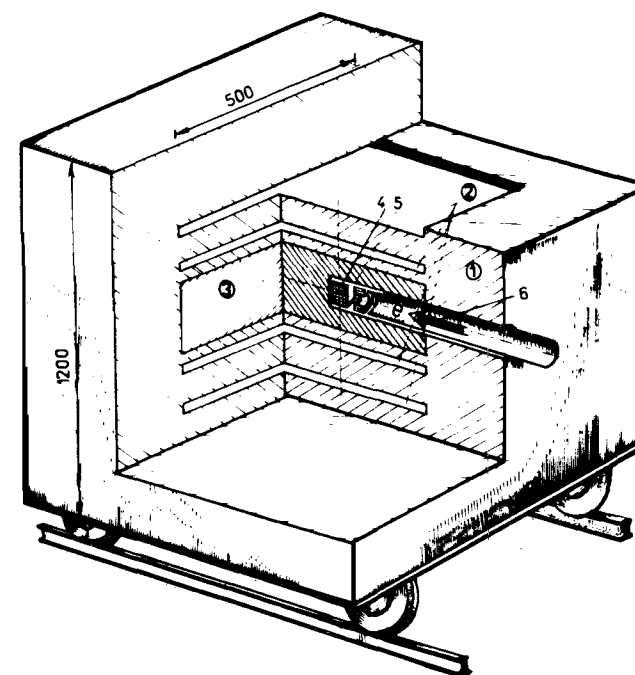


Рис. 3. Устройство для массового нейтронно-активационного анализа. I - графитовый замедлитель, 2 - каналы для размещения образцов, 3 - бериллий, 4 - урановый конвертор нейтронов, 5 - диафрагма, 6 - электроновод.

Ожидаемая максимальная величина плотности потока тепловых нейтронов в центре двух ближних каналов графитового куба - $6 \cdot 10^8$ нейтр.см⁻²с⁻¹.

Предусмотрен специальный канал, который состоит из свинцового цилиндра, окруженного полиэтиленовыми блоками. В такой сборке, показанной на рис. 5, проба облучается как гамма-квантами, так и нейтронами. Это увеличивает число одновременно определяемых элементов в исследуемой пробе за счет смешанной гамма- и нейтронной активации.

В микротронном помещении имеется возможность размещения установки, предназначенной для получения радионуклида иод-123, используемого в медицинской диагностике.

С целью получения короткоживущих радионуклидов для элементного анализа вещества предполагается использовать пневмотранспортное устройство с автоматической системой управления от ЭВМ.

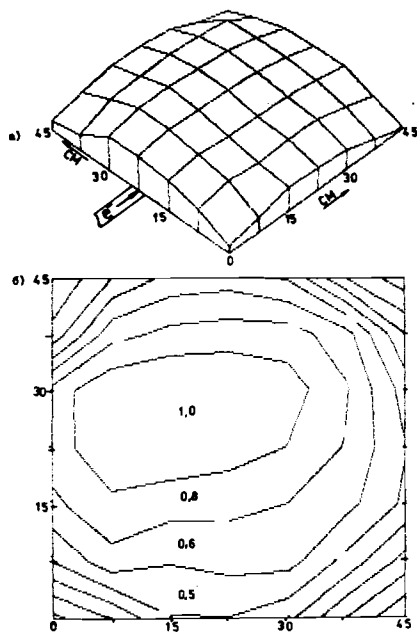


Рис. 4. Пространственное распределение резонансных нейтронов в каналах для облучения образцов (в графитовом кубе). а - изометрическое, б - топографическое изображение распределения.

Измерительно-вычислительный комплекс будет построен на базе микро-ЭВМ МИК-1, созданной в результате совместной работы с ОНМО ОИЯИ, и персонального компьютера IBM XT с жестким диском на 20 Мбайт, изготовляемого серийно Центром электронной техники АН МНР. Детектирующая система состоит из полупроводниковых коаксиальных $\text{Ge}(\text{Li})$ детекторов большого объема (70 см^3) и тонкого $\text{Ge}(\text{Li})$ детектора для измерения мягких гамма-квантов. Кроме того, в комплекс входит гамма-спектрометрическая система фирмы ORTEC, состоящая из коаксиального и планарного HP Ge детекторов и двух персональных компьютеров. Персональные компьютеры обладают высокими функциональными возможностями и потребительскими характеристиками. Применение персональных ЭВМ позволяет подключать дополнительные модули, такие, как блоки памяти, коммуникационные интерфейсы, сетевые адаптеры и др. Для накопления и обработки спектрометрической информации нами выбраны персональные ЭВМ расширенной конфигурации с оперативной памятью 512-640 кбайт и арифметическим процессором 8087/80287, а также с 20 Мбайт жестким диском типа "Винчестер" и I-2 дисководами.

В ОИЯИ разработаны программы SPМ и АСТIV для обработки спектрометрической информации на персональных компьютерах^{/11,12/}.

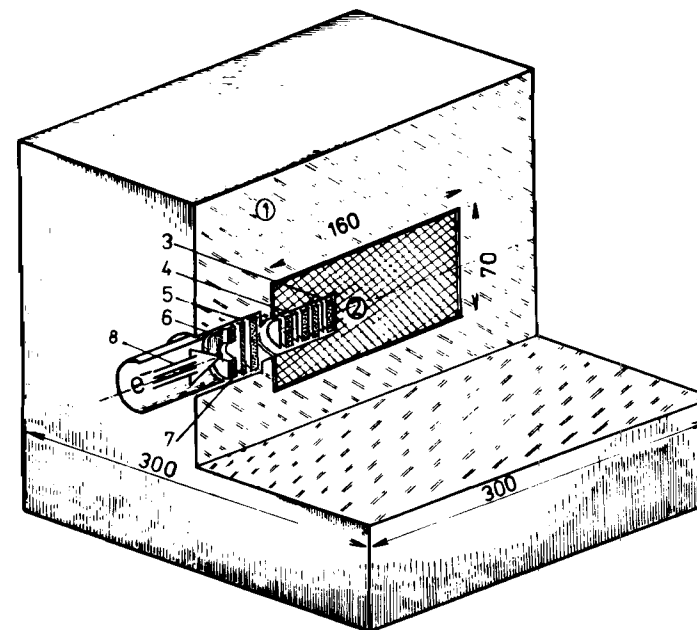


Рис. 5. Сборка для формирования смешанного гамма- и нейтронного поля. 1 - полиэтиленовые блоки; 2 - свинцовый цилиндр; 3 - образцы; 4 - мониторы; 5 - поглотитель электронов; 6 - диафрагма; 7 - тормозная мишень; 8 - электронный пучок.

В настоящее время эти программы широко используются в гамма-спектрометрических исследованиях и активационном анализе.

Технико-экономическая оценка

Основными технико-экономическими показателями эффективности использования лаборатории активационного анализа являются капитальные вложения, производительность, годовой экономический эффект и срок окупаемости капитальных вложений. Годовой экономический эффект внедрения новой аналитической лаборатории может быть оценен^{/13/} путем сравнения его с классическим химическим методом анализа, применяемым для решения аналогичных народнохозяйственных задач.

Поскольку лаборатория активационного анализа на базе микротрона в МНР создается как отдельная самостоятельная единица, то в соответст-

вии с рекомендациями инструкции по определению экономической эффективности новой техники^{/13/} ее годовой экономической эффект рассчитывается по следующей формуле:

$$Э = (C_1 - C_2) A - E_H K_2, \quad (1)$$

где: C_1, C_2 - эксплуатационные издержки на один анализ соответственно базовым и новым методом (C_1 - средняя себестоимость одного элементопределения химического анализа и C_2 - себестоимость одного элементопределения ГАА); A - годовая производительность объекта; E_H - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных затрат (для ядерно-аналитических комплексов устанавливаются $E_H = 0,12-0,15$); K_2 - капитальные вложения в новую технику. Срок окупаемости дополнительных вложений определяется формулой:

$$T = \frac{K_2}{(C_1 - C_2) A} \quad (2)$$

В таблице 3 показаны предполагаемые технико-экономические показатели лаборатории активационного анализа на базе микротрона с вышеприведенной компоновкой. Как видно из формул (1,2), годовой экономической

Таблица 3

Технико-экономические показатели лаборатории активационного анализа на базе микротрона

Показатель	Стоимость, тыс.руб.
Капитальные вложения:	
- ускоритель электронов	270
- ядерно-физическое оборудование	150
- здания и сооружения	200
- монтаж и наладка	80
ИТОГО	700
Эксплуатационные издержки:	
- амортизационные отчисления	70
- заработная плата обслуживающего персонала	50
- энергопотребление	10
- расходы на текущий ремонт	35
- прочие расходы	10
ИТОГО	175
Годовая производительность (элементопределений)	30-60 тыс.
Себестоимость одного анализа в среднем	3 руб.

эффект и срок окупаемости капитальных вложений сильно зависит от загрузки установки. При средних значениях себестоимости элементопределения

химическим методом (4-5 руб.) активационный анализ с применением микротронного комплекса будет рентабельным в случае выполнения 30-50 тысяч анализов в год. Рентабельность микротронной лаборатории в данном конкретном случае будет определяться проведением многоэлементного анализа основных и сопутствующих элементов в полиметаллических, в золото- и серебросодержащих рудах. В настоящее время анализ этих руд является необходимым для МНР. В перспективе стоит задача анализа редкоземельных элементов.

Правильность выбора компоновки лаборатории реально подтверждается разработанными и разрабатываемыми методиками по активационному анализу (определение золота с другими сопутствующими элементами в более чем 500 рудных образцах^{/5/}, многоэлементная инструментальная гамма-активационная методика определения 36-40 элементов в углях при одновременном облучении 10-12 проб^{/14/}).

Микротронная лаборатория также будет использоваться для анализа биологических проб и образцов окружающей среды, получения радионуклидов, определения абсолютного возраста некоторых минералов, разработки других ядерно-физических методов для решения ряда народнохозяйственных задач. В лаборатории будет происходить обучение студентов по специальностям ядерной физики, ядерной электроники, ускорительной и радиационной техники.

Проект лаборатории активационного анализа на основе микротрона для МНР разработан совместно сотрудниками ЛЯР ОИЯИ и МНР по предложению Комиссии ядерной энергии правительства МНР. Оборудование микротрона изготовлено в Лаборатории ядерных реакций и Опытном производстве ОИЯИ.

Авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флерову за инициативу создания в МНР микротрона, а также профессору Ю.Ц.Оганесяну, Ю.П.Гангрскому, И.В.Колесову и начальнику ОП М.А.Либерману за обсуждение данного проекта и содействие в изготовлении узлов.

Литература

1. Ж.Шагжаа, Д.Эрдэнэцэцэг, Б.Батжаргал, Л.Мягмар. Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 30-летию Центральной геологической лаборатории, Улан-Батор, 1987, с.1-3.
2. В.В.Сулин. Ядерно-физические методы анализа вещества, М., Атомиздат, 1971, с.206.
3. Ю.Н.Бурмистенко, Г.И.Витоженц, В.В.Сулин и др. Недеструктивные активационные методы анализа некоторых видов минерального сырья и применения аппаратуры, -М., ВНИИЯГГ, 1972, с.64.

4. А.Н.Берзин и др. Недеструктивные активационные методы анализа некоторых видов минерального сырья и применения аппаратуры, -М., ВНИИЯГГ, 1972, с.33.
5. А.Г.Белов, Е.Борча, В.Е.Жучко и др. Сообщение ОИЯИ, 18-80-84I, Дубна, 1989, 9с.
6. А.Г.Белов, Ю.Г.Тетерев. Сообщение ОИЯИ, 18-84-8, Дубна, 1984, 8 с.
7. А.Г.Белов, П.Г.Бондаренко, Ч.Шимане, И.Вогнер. Сообщение ОИЯИ, 9-82-30I, Дубна, 1982, 10с.
8. А.Г.Белов, П.Г.Бондаренко, А.Н.Кузнецов. Сообщение ОИЯИ, 18-84-8, Дубна, 1982, 13с.
9. Ю.Г.Тетерев. Препринт ОИЯИ, 16-85-23, Дубна, 10 с.
10. Г.Н.Флеров, Ю.Н.Бурмистенко и др. Атомная энергия, т.53, вып.4, 1982, с. 255.
11. В.Е.Жучко, В.Б.Злоказов. Активационный анализ на ядерных реакторах. ОИЯИ, Д14-88-833, Дубна, 1988, с.187-190.
12. В.Е.Жучко. Активационный анализ на ядерных реакторах. ОИЯИ, Д14-88-833, Дубна, 1988, с. 191-196.
13. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., Экономика, 1986, 51 с.
14. Н.Содном, Ш.Гэрбиш, В.Е.Жучко и др. Препринт ОИЯИ, 18-87-406, Дубна, 1987, 10с.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

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.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 ноября 1989 года.