

# Группа физики экзотических ядер

Рук. Д.М. Селиверстов

## Состав группы

1	внс	Новиков Ю.Н	д.н.	
2	снс	Андроненко Л.Н.	к.н.	
3	снс	Батист Л.Х.	к.н.	
4	снс	Попов А.В.	к.н.	
5	снс	Тихонов В.И.	к.н.	
6	нс	Андроненко М.Н.	к.н.	
7	нс	Гусев Ю.И.		
8	мнс	Воробьев Г.К	к.н.	
9	мнс	Елисеев С.А.	PhD	
10	мнс	Клешнева Т.Ю.	PhD	
11	мнс	Якорев Д.О.		
12	вед.инж.	Гусельников В.С.		
13	вед.инж.	Конева Т.В.		
14	вед.инж.	Лазарев В.И.		
15	инж.2к	Ольшевская В.В.		
16	см.м/о бр	Иванов В.В.		
17	внс	Карлин Д.Л.	к.н.	0.5
18	снс	Алексеев Е.Г.	к.н.	0.5
19	вед.инж.	Герценштейн В.Я.		0.5
20	вед.инж.	Капустин В.К.		0.5
20	вед.инж.	Малов Ю.А.	к.н.	0.5
21	техник	Жидков М.В.		0.5

# направления научной деятельности в 2004г

- Измерение масс экзотических ядер на ускорителе GSI. Подготовка “Technical review” эксперимента ILIMA - Isomeric beams Lifetimes and Masses. Ю.Н. Новиков, С.А. Елисеев, Г.К. Воробьев
- Исследование бета-распада ядер вблизи дважды магического  $^{100}\text{Sn}$ . GSI, Л.Х. Батист, Ф.В. Мороз
- Исследование короткоживущих нуклидов представляющих интерес для ядерной физики и астрофизики на установке IGISOL в Ювяскюля. Ю.Н. Новиков, Л.Х. Батист, Г.К. Воробьев, А.В. Попов
- Разработка технологии изготовления мишеней для масс-сепаратора “MASHA” ОИЯИ. В.И. Тихонов
- Исследование изотопического скейлинга в глубоко-неупругих взаимодействиях адронов с ядрами. Л.Н. Андроненко, М.Н. Андроненко
- Исследование старения фотодетекторов использующихся в торцевом электромагнитном калориметре CMS детектора. Ю.И. Гусев, Д.М. Селиверстов
- Разработка проекта МНТЦ «Разработка методов инкапсулирования долгоживущих ядерных отходов вуглеродные матрицы для их хранения и трансмутации» №2391. Ю.Н. Новиков, Е.Г. Алексеев, В.И. Тихонов, В.С. Гусельников, В.К. Капустин
- Проведение протонной терапии на синхроциклотроне ПИЯФ. Д.Л. Карлин, В.И. Лазарев, В.Г. Герценштейн, Ю.А. Малов, Ю.А. Гавриков, А.В. Ханзадеев, УО, ОРЭ.

# В 2004г. завершены два эксперимента

1. Ю.И. Гусев, Т.Ю. Клешнева, Д.М. Селиверстов  
“Изучение радиационного захвата в реакции  $D(H, {}^3He)g$  на циклотроне PSI”. ПИЯФ- университет г. Базель.  
Защита диссертации Т.Ю. Клешневой
2. Л.Х. Батист, Ф.В. Мороз. “Исследование бета-распада ядер вблизи дважды магического  ${}^{100}\text{Sn}$  на UNILAC, GSI”. В 2005г. завершится обработка данных и их подготовка к публикации.

## Финансирование в 2004г.

1. Проект ИРИС	200 т.руб
2. Договор с ОИЯИ	40 т.руб.
3. Тема 07. Уникальные установки. Медицина	280 т.руб.
	<hr/>
Всего	520 т.руб

# Публикации 2004

1. *“Direct mass measurement of bare short-lived  $^{44}\text{V}$ ,  $^{48}\text{Mn}$ ,  $^{41}\text{Ti}$  and  $^{45}\text{Cr}$  ions with isochronous mass spectrometry”* J. Stadlmann, ... , **Yu.N. Novikov**, et al. Physics Letters B586. 27 (2004).
2. *“Evidence for high spin beta-decaying isomer in  $^{177}\text{Lu}$ ”* **L. Batist** et al. Phys. Rev. C69, (2004), 024320
3. *“Excitation energy of the  $T=0$  beta-decaying  $9^+$  isomer in  $^{70}\text{Br}$ ”* **L. Batist** et al.
4. *“On the  $21^+$  spin-gap isomer in  $^{94}\text{Ag}$ ”*, **L. Batist** et al. Nucl.Phys. A733,(2004), 20
5. *“Beta-decaying studies using total absorption spectroscopy”* **L. Batist** et al. Eur.Phys.J. A20(2004),1999
6. *“Production of neutron deficient rare isotope beams at IGISOL; on-line and off-line studies”* J. Huikari, ..., **A. Popov**, et al. Nucl.Instr.and Meth. Phys Res. B v.222(3-4), p.632-652, Aug 2004
7. *“Beta-delayed gamma and proton spectroscopy near the  $Z = N$  line”*. A. Kankainen , ..., **S. A. Eliseev**, **Yu. N. Novikov**, **A.V. Popov**, **D. M. Seliverstov**, **G. K. Vorobjev**, et al. The Fourth International Conference on Exotic Nuclei and Atomic Masses. September 12-16, 2004 (ENAM 2004) abstracts, P243
8. *“Production of beams of neutron-rich nuclei between Ca and Ni using the ion-guide technique”*. K. Peräjärvi,..., **A. Popov**, et al. ENAM 2004 abstracts, P308
9. *“Performance of IGISOL 3”* H. Penttilä, ..., **A. Popov**, et al. ENAM 2004 abstracts, P329
10. *“Super Radiation Hard Vacuum Phototriodes for CMS Endcap ECAL”* **Yu.I. Gusev**, A.I. Kovalev, L.A. Levchenko, V.N. Lukianov, F.V. Moroz, G.A. Mamaeva, **D.M. Seliverstov**, V.Yu. Trautman, **D.O. Yakorev**. Nucl. Instr.Meth. A535, (2004), p511
11. *“Direct mass measurements of neutron-rich nuclides from Zinc-fragmentation”* M. Matos, **Yu.N. Novikov** et al. Proc. EXON-2004 conference. Peterhof, July 5-11, 2004. Sci.World (to be published).
12. *“Direct mass-measurements of short-lived neutron-rich fission fragments at the FRS-ESR facility at GSI.”* M.Matos, **Yu.N. Novikov** et al. Proc. EXON- 2204 conference. Peterhof, July 5-11, 2004. Sci. World (to be published).
13. *“Fragmentation of  $^{58}\text{Ni}$  at  $140\text{MeV/u}$ ”*. M. Mosco, **L. Andronenko**, **M. Andronenko** et al. Nucl. Phys. A734 (2004)

# Измерение масс экзотических ядер на ускорителе GSI

Ю.Н. Новиков, С.А. Елисеев, Г.К. Воробьев

## Результаты 2004 года

а) Завершена обработка результатов предыдущих экспериментов по измерению масс экзотических нейтроноизбыточных нуклидов методом изохронной масс-спектрометрии. Искомые нуклиды образовывались в реакции фрагментации пучка релятивистских ядер цинка и реакции деления релятивистским пучком урана, и их частоты обращения в накопительном кольце измерялись время-пролетным детектором.

Из 200 измеренных масс нуклидов в диапазоне периодов полураспада до 20 мс, значения масс 40 нуклидов определены впервые. Около 10 нуклидов располагаются непосредственно на пути астрофизического  $\gamma$ -процесса.

Полученные величины масс значительно расходятся с известными до настоящего времени данными и свидетельствуют о необходимости пересмотра существующей информации об экзотических нейтроноизбыточных нуклидах,

б) участие в эксперименте по измерению масс и поиску высокоспиновых изомеров в продуктах фрагментации релятивистских ядер урана.

## *Участие в подготовке технического проекта эксперимента ILIMA, GSI*

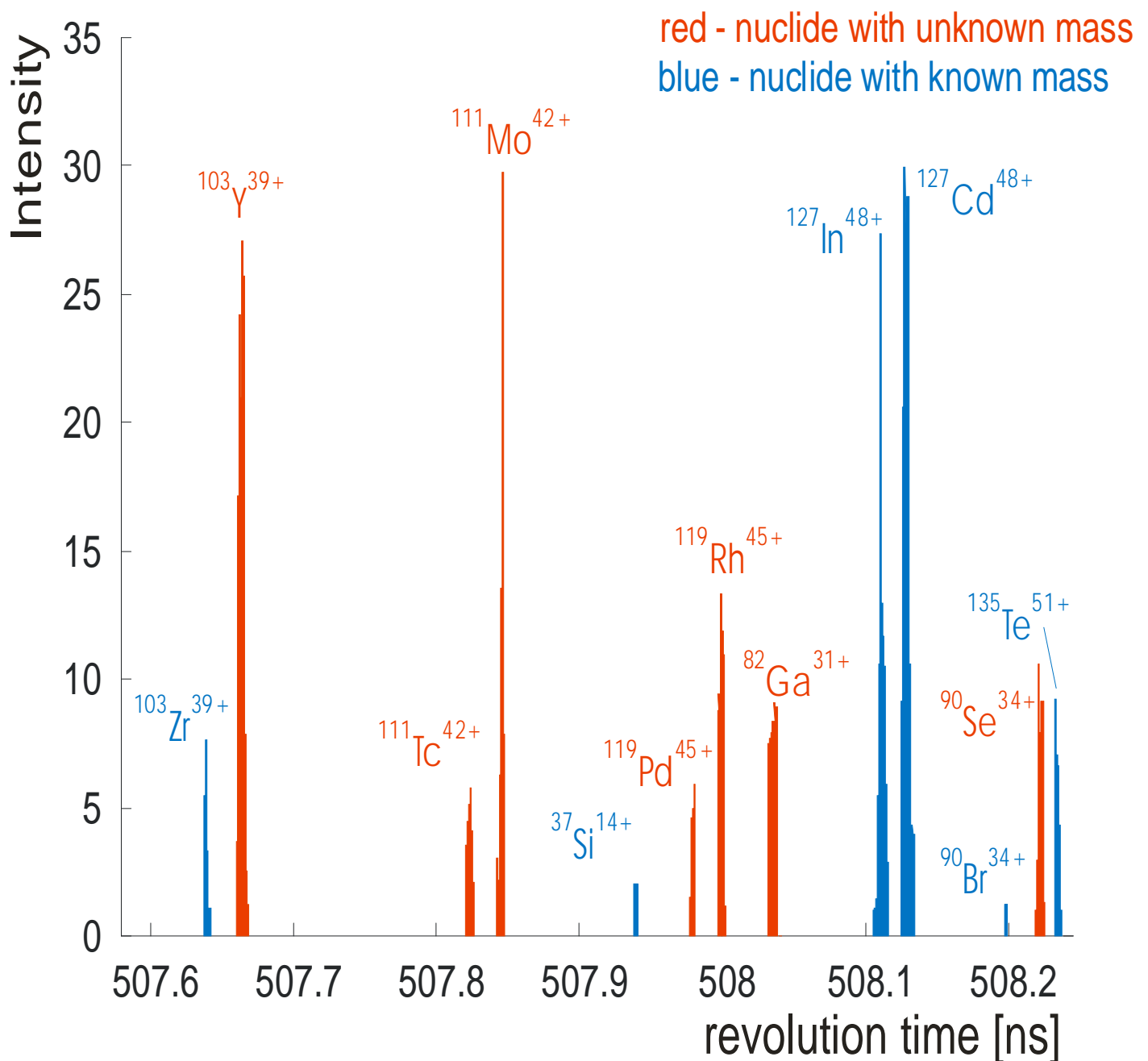
В предлагаемом для реализации в 2005-2007 гг. проекте предусматривается расширение поля деятельности по измерению масс и периодов полураспада на более экзотические нуклиды, чем это удавалось сделать до сих пор. С этой целью предлагается использовать методику регистрации продуктов деления релятивистского пучка урана с применением нового детектора времени пролёта "горячих ядер", имеющего существенно меньшие потери вращающихся частиц в накопительном кольце.

## Планы на 2005 год:

- работа над техническим проектом ILIMA,
- анализ данных прошедших экспериментов,
- участие в подготовке нового эксперимента по фрагментации релятивистских ядер урана. .

# Time-of-Flight Spectrum

isochronous  $m/q$  range: 2.56 – 2.65





Belgium  
Inst. d'Astrophys.

Germany  
GSI  
JLU Giessen  
JGU Mainz  
TU München

Greece  
Univ. Thessaloniki

France  
INP Orsay

# ILIMA

Japan  
Univ. Niigata  
Univ. Tsukuba  
Saitama Univ.

**10 countries**

Poland  
Slns Warsaw

**18 institutions**

UK  
Univ. Surray  
Univ. Manchester

**66 participants**

Russia  
PNPI  
Univ. St. Petersburg

China  
IMP Lanzhou

USA  
MSU  
LANL



# Исследование бета-распада ядер вблизи дважды магического ядра $^{100}\text{Sn}$

GSI Л.Х. Батист, Ф.В. Мороз

§ Завершены измерения, связанные с исследованием бета распада легких изотопов олова на масс сепараторе в линию с мишенью и ускорителем тяжёлых ионов GSI. Исследованы силовые функции распада изотопов  $^{101-105}\text{Sn}$  и схемы уровней, заселяемых запаздывающим гамма излучением. *При бета распаде исследованных ядер доминирует превращение протона в нейтрон из замкнутой оболочки с магическим числом протонов  $Z=50$  в определенное конечное состояние, что делает доступным теоретический анализ. Получена зависимость энергии резонанса Гамова-Теллера при  $\beta^+$  распаде от величины избытка нейтронов.*

§ Завершены исследования методом полного поглощения распадов цепочки ядер  $^{94}\text{Ag}$ ,  $^{94}\text{Pd}$ ,  $^{94}\text{Rh}$  в которых возбуждаются состояния, разделённые нейтронной магической щелью.

**2005г.**

- Подготовка к печати результатов исследования бета распада  $^{101-105}\text{Sn}$ . Проведение сравнительного анализа данных по энергиям спин зарядовообменного возбуждения экзотических ядер с аналогичными данными из реакций на стабильных ядрах.

- Подготовка к печати результатов исследования методом полного поглощения гамма излучения цепочки ядер  $^{94}\text{Ag}$ ,  $^{94}\text{Pd}$ ,  $^{94}\text{Rh}$



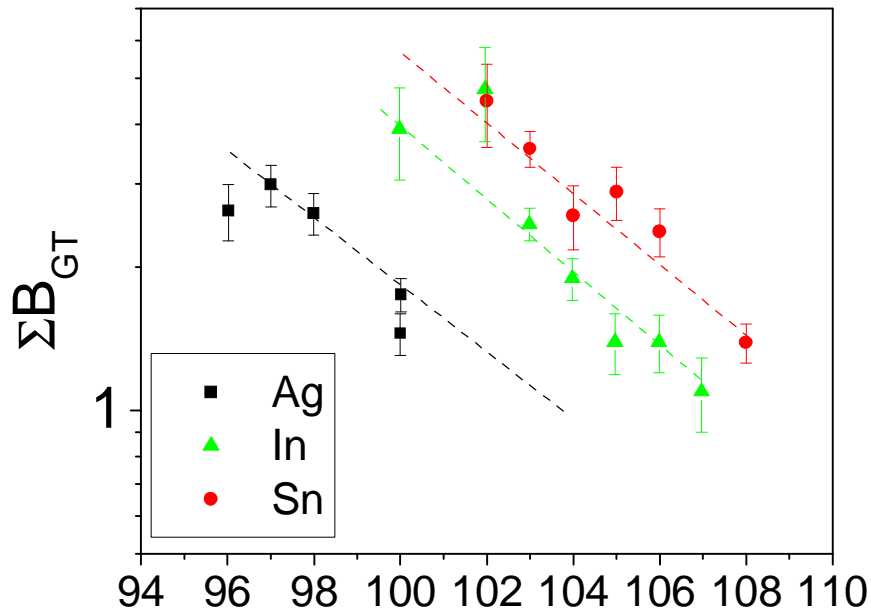


Рис.1 Систематика интегральных величин приведенной вероятности перехода Гамова-Теллера ядер близких к  $^{100}\text{Sn}$

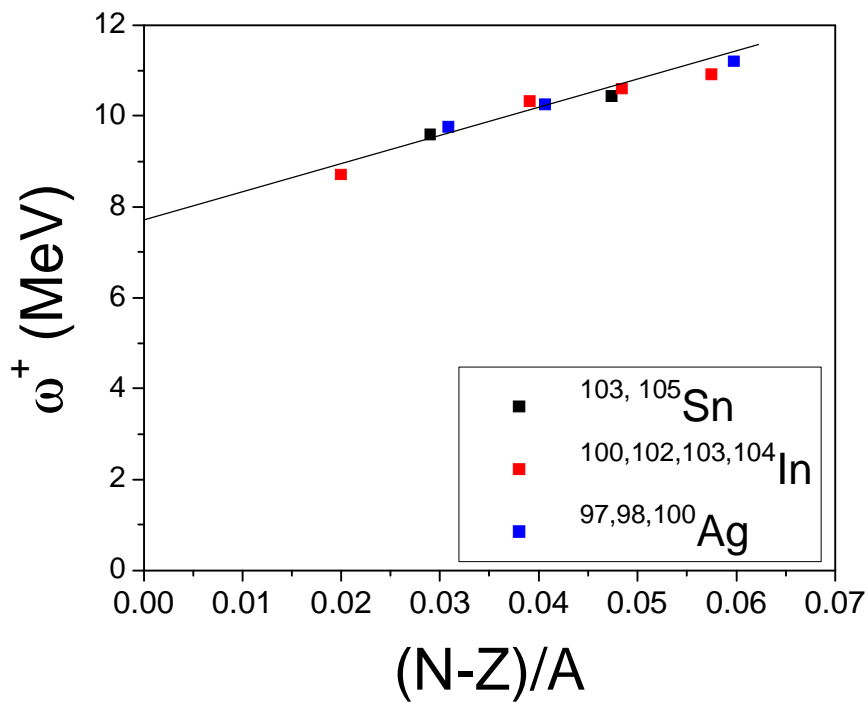


Рис2. Энергия возбуждения резонанса Гамова-Теллера  $\omega$  при  $\beta^+$  распаде в

# Исследование короткоживущих нуклидов на установке IGISOL в Ювяскюля Ю.Н. Новиков, Л.Х. Батист, Г.К. Воробьев, А.В. Попов

***Участие в модификации “front-end” установки IGISOL.***  
Ионно-оптические расчеты. Система очистки и контроля чистоты газа. Разработка новой конструкции IG для реакций слияния-испарения.

***Отработка методики формирования пучков радиоактивных ионов.*** Разработан и проверен off-line метод формирования эвакуирующего электрического поля с помощью инжекции электронов в газовую среду. Это позволяет существенно уменьшить время извлечения ионов в вакуум и улучшить эффективность ионного источника в диапазоне давлений 1-500мбар. Метод дает возможность формирования собирающего поля в слабо ионизированной среде и при наличии положительного объемного заряда транспортируемых ионов.

## **2005г**

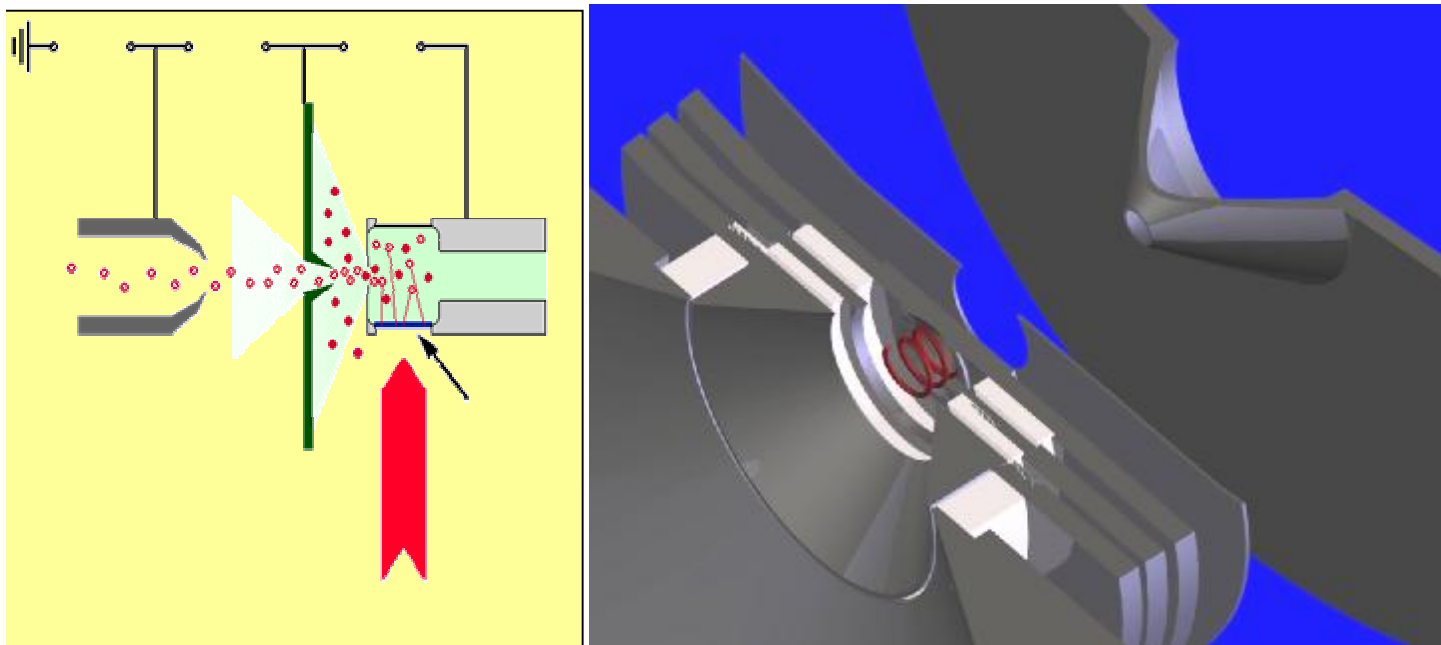
Эксперименты на пучке тяжелых ионов в рамках принятых ранее предложений:

§ Investigation of the nuclides in the Zr-Nb cycle of the astrophysical rp-process

§ Test of ion gas catcher with electric field guidance

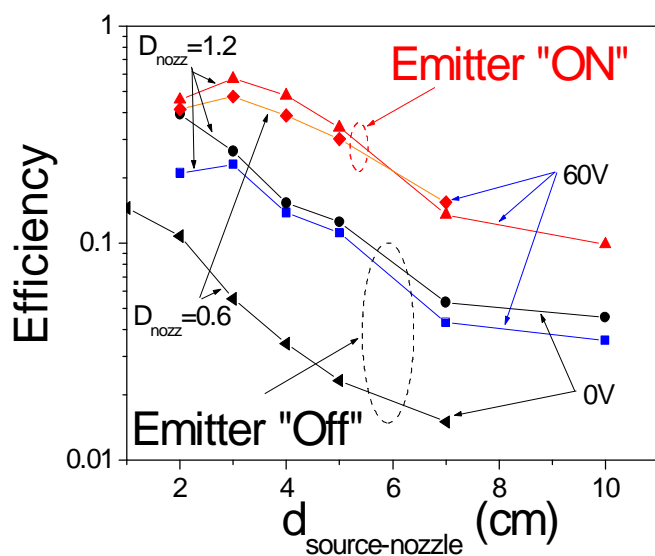
# Транспорт ионов в электронном облаке

*Off-line test*

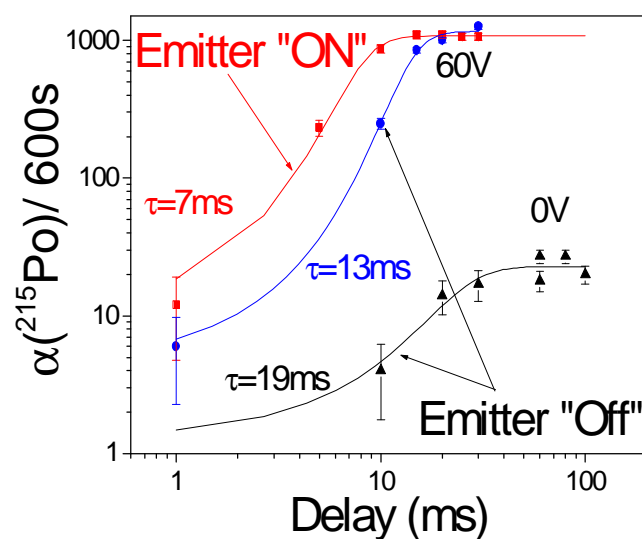


*С эмиссией электронов мы имеем:*

*Высокую эффективность*



*Быструю эвакуацию*



# Разработка урановой мишени для масс-спектрометра ЛЯР ОИЯИ

В.И. Тихонов

- § Сконструировано, изготовлено и испытано устройство для получения изотопов эка-ртути из урановой мишени на ускорителе тяжелых ионов ЛЯР.
- § Разработана методика изготовления тонкого (1,5 -2мкм) входного окна из тантала методом плазменного напыления. Изготовлен танталовый диск диаметром 80 мм и толщиной 2мм, который помещается в установку для напыления. С применением электронно-лучевой сварки изготовлен танталовый корпус мишени, входное окно которого закрыто впрессованным медным диском с полированной поверхностью, на которую и наносится танталовая пленка. Затем медь вытравливается крепкой азотной кислотой.
- § Модифицирован процесс изготовления урановой мишени. В результате в наружном со стороны пучка налетающих тяжелых ионов слое получено покрытие, которое на глубину до 5мкм соответствует стехиометрическому составу  $UC_{2,3}$ .

**2005г.**

Испытание рабочего варианта мишени на пучке заряженных частиц



# Проект МНТЦ №2391

## Разработка методов инкапсулирования долгоживущих ядерных отходов в углеродные матрицы для их хранения и трансмутации

Ю.Н. Новиков, Е.Г. Алексев, В.И. Тихонов, В.С.  
Гусельников, В.К. Капустин

§ Синтез органических матриц с введением в них исследуемых радионуклидов и их радиоизотопных или химических аналогов. Отработка и выбор оптимальных режимов синтеза и карбонизации.

§ Подготовка серии образцов для проведения испытаний по выщелачиванию радионуклидов из полученных углеродных матриц. Определение методик анализа для определения коэффициентов выщелачивания.

§ Исследование выщелачиваемости инкапсулированных радионуклидов I, Tc, Am.

§ Исследование возможности трансмутации радионуклидов, инкапсулированных в органические матрицы.

*Главной задачей предлагаемого проекта является определение оптимальных параметров проведения операций по иммобилизации наиболее опасных долгоживущих радионуклидов  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в углеродные матрицы для их долговременного хранения/захоронения и трансмутации, а также подготовка рекомендаций для практического использования выбранной технологии.*

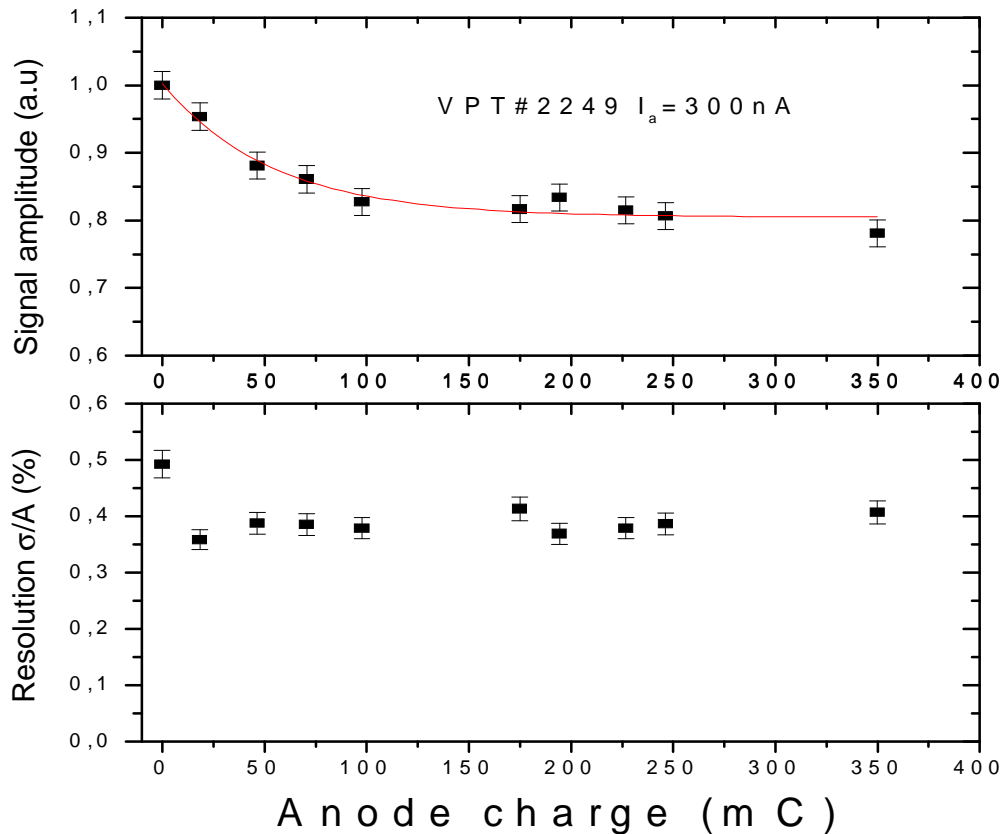
**Участники со стороны России:**

- ☐ ПИЯФ РАН. Руководитель проекта Ю.Н. Новиков
- ☐ Радиевый институт имени В.Г. Хлопина
- ☐ Институт высокомолекулярных соединений РАН

# Исследование старения фотодетекторов, используемых в торцевом электромагнитном калориметре CMS

Ю.И.Гусев, Д.М.Селиверстов

ПИЯФ - НПО (Электрон)



Excess noise factor:  $F_0 = 2.53$ ,  $F_f = 1.62$

Аккумулярированный анодный заряд  $C = 350$  mC соответствует работе VPT в течение 1 года при  $\eta = 2.6$  и максимальной светимости  $L = 10^{34}$  cm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>.  $I_a = 20$  nA

