

Группа физики экзотических ядер

руководитель Селиверстов Д.М.

1	В.н.с., д.ф.-м.н	Лепехин Ф.Г.	
2	В.н.с., д.ф.-м.н	Новиков Ю.Н.	
3	С.н.с., к.ф.-м.н	Андроненко Л.Н.	
4	И.о.с.н.с., к.ф.-м.н	Андроненко М.Н.	
5	С.н.с., к.ф.-м.н	Батист Л.Х.	
6	С.н.с., к.ф.-м.н	Попов А.В.	
7	С.н.с., к.ф.-м.н	Тихонов В.И.	
8	В.н.с., к.ф.-м.н	Карлин Д.Л.	0,5
9	Н.с., к.ф.-м.н	Воробьев Г.К.	
10	Н.с.	Гусев Ю.И.	
11	М.н.с., PhD	Елисеев С.А.	
12	Вед. инж.	Гусельников В.С.	

13	Вед. инж.	Герценштейн В.Я.	0,5
14	Вед. инж.	Конева Т.В.	
15	Вед. инж.	Капустин В.К.	0,5
16	Вед. инж.	Лазарев В.И.	
17	Вед. инж.	Лысенко В.В.	
18	Вед. инж., к.ф.-м.н	Малов Ю.А.	0,5
19	М.н.с.	Якорев Д.О.	
20	Инж. 1 к.	Ткач Л.Н.	
21	Техник	Жидков М.В.	0,5
22	Слесарь м/сб. р.	Иванов В.В.	

Направления

1. Измерение масс ядер в GSI.

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

2. Эксперименты на ускорителе K-130 в Ювяскюля, Финляндия

Ю.Н. Новиков, А.В. Попов, Л.Х. Батист, Г.К. Воробьев,
С.А. Елисеев

3. Исследование свойств ядер вблизи дважды магического ^{100}Sn , GSI.

Л.Х. Батист

4. Разработка методов инкапсулирования ядерных отходов (Проект МНТЦ № 2391)

Ю.Н. Новиков, В.И. Тихонов, В.С. Гусельников, Ю.И. Гусев, Т.В.Конева,
В.К. Капустин,

5. Фрагментация ядер

Л.Н. Андроненко, М.Н. Андроненко

6. Магнитно и радиационно-стойкий ФЭУ для экспериментов на LHC при $\hbar\omega \approx 6.5$

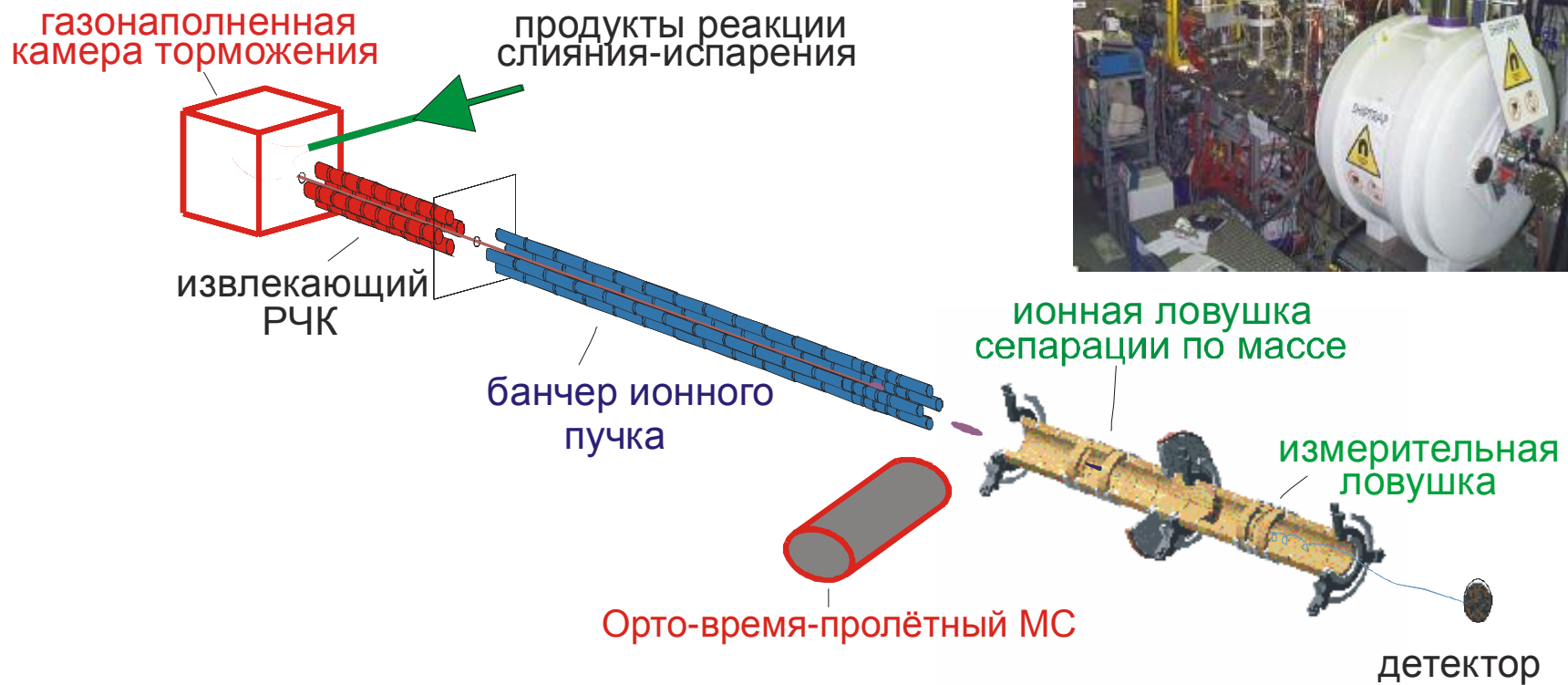
Д.М. Селиверстов, Ю.И. Гусев, НПО «Электрон»

7. Протонная терапия

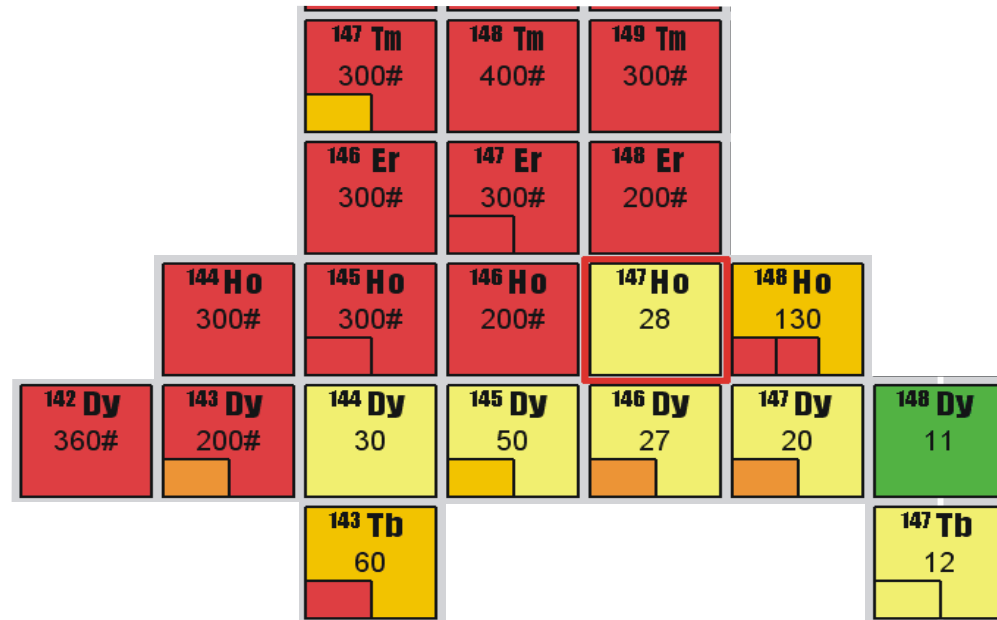
Д.Л. Карлин, В.В. Лысенко, В.Я. Герценштейн, М.В. Жидков,
Ю.А. Малов

Схема установки SHIPTRAP

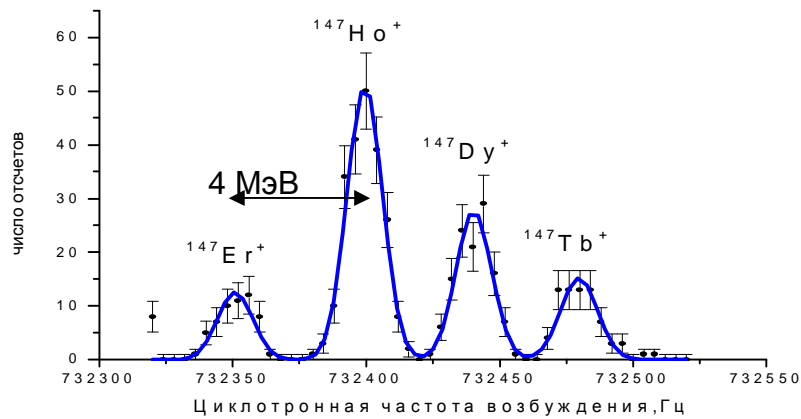
(область ответственности ПИЯФ показана красным цветом)



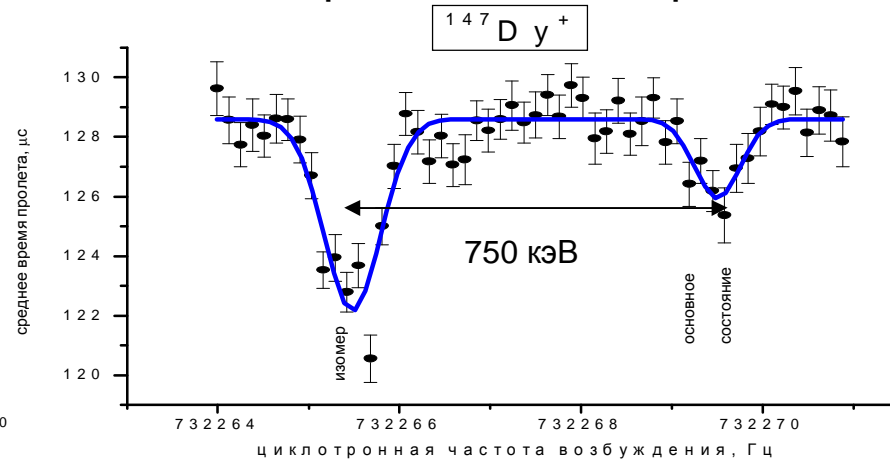
Первые измерения масс нуклидов на установке SHIPTRAP (2005)
 (погрешность всех измерений масс < 10 кэВ)



Разрешение изобар



Разрешение изомера



Эксперименты на ускорителе K-130 Ювяскюля, Финляндия

Ю.Н. Новиков, А.В. Попов, Л.Х. Батист, Г.К. Воробьев, С.А. Елисеев

Подписано соглашение о продлении научного сотрудничества на 2006-09 гг.

Продолжены измерения свойств ядер на пути астрофизического r-процесса в области масс $A=80-90$.

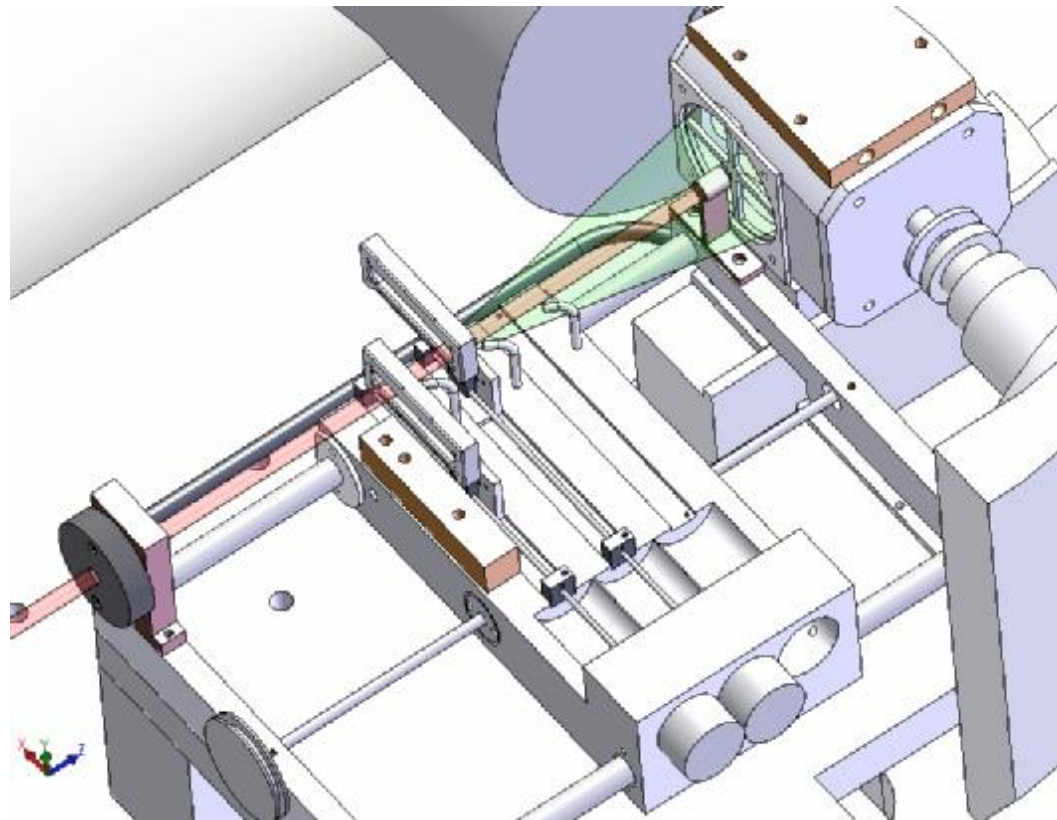
Развитие техники IGISOL камеры для уменьшения времени выхода продуктов реакции.

Измерение масс ядер на установке IGISOL JYFLTRAP $80-84 Y$, $82-85 Zr$, $87Nb$, $86Mo$. Эксперимент начат в декабре 2005.

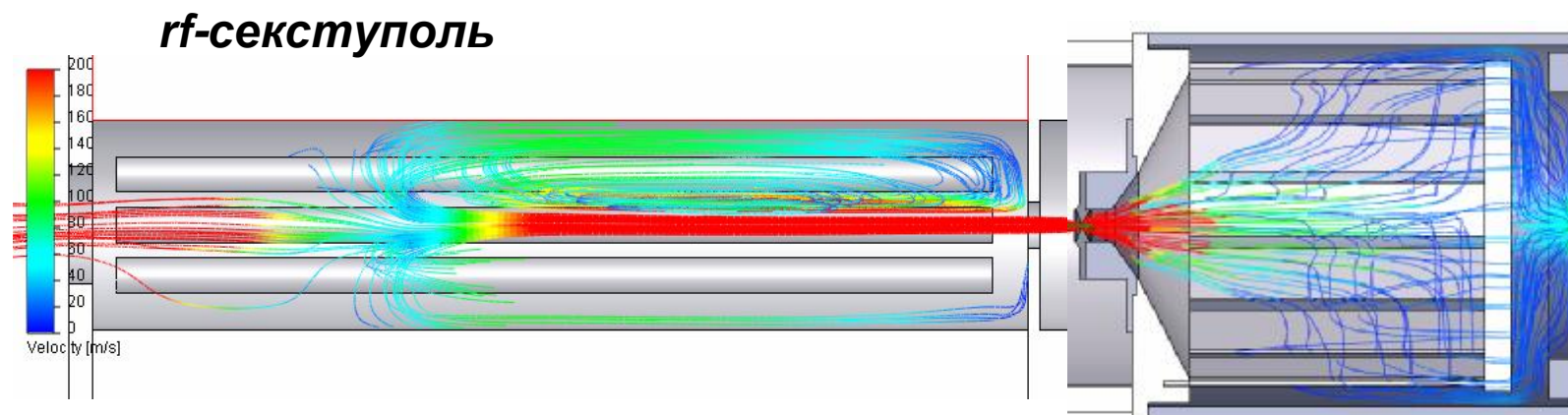
2005-2006 гг. Измерение масс ядер в районе Pb JYFLTRAP – 2006 г.

Мишень - газовая ловушка

- Теневой метод
- Сканирующая мишень и деградер с газовым охлаждением
- Транспорт ионов с помощью rf-секступоля
- Возможность лазерной ионизации



Оптимизация газовых потоков

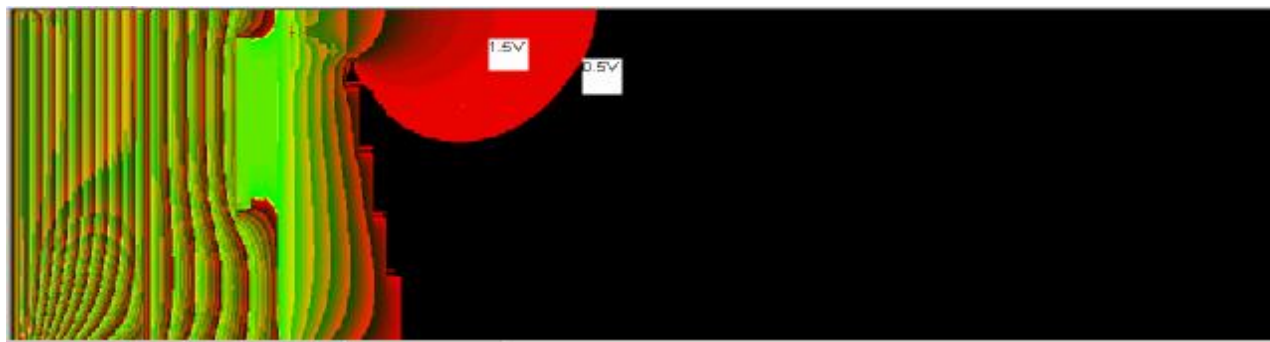
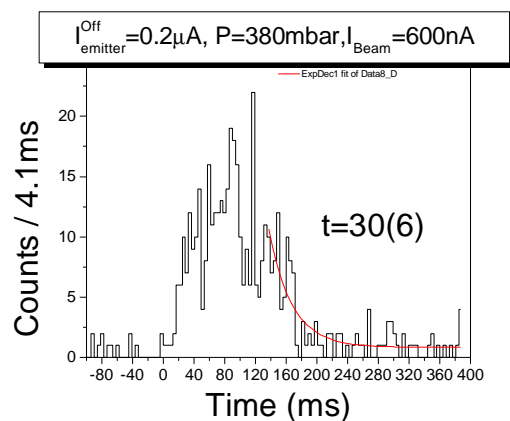


Эвакуация ионов из газовой ячейки электрическим полем в присутствии ионизирующего излучения.

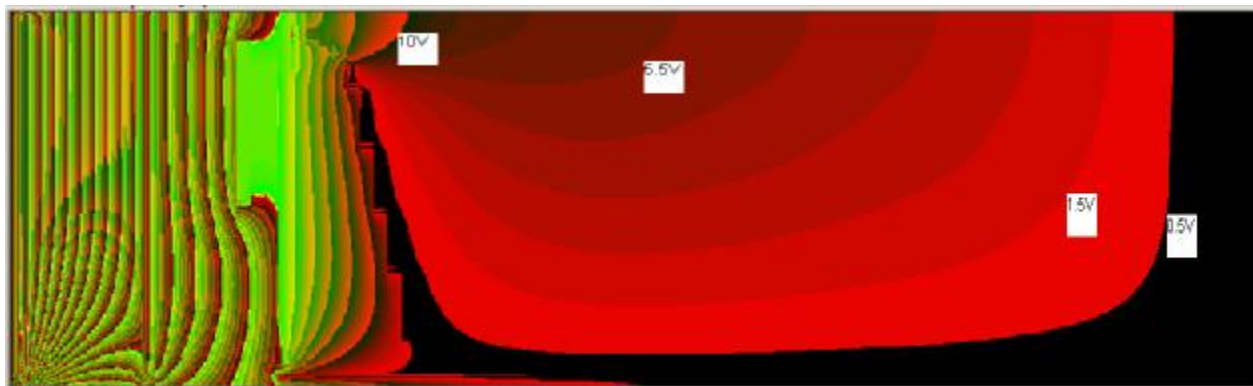
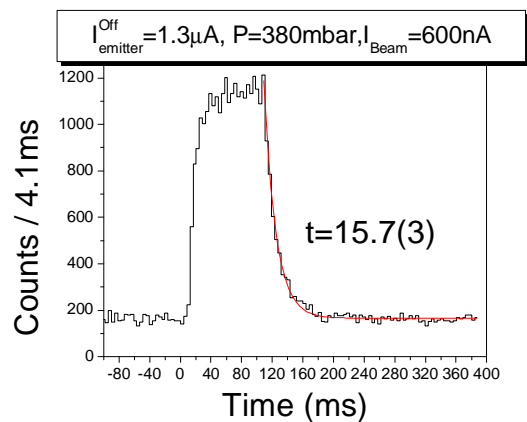
Временное поведение регистрируемых ионов ^{58}Ni

Распределение потенциала в газовой ячейке

Без зарядовой компенсации



С зарядовой компенсацией



Закончены эксперименты на масс сепараторе GSI по теме Исследование бета распада ядер близких к **олову-100**

В текущем году:

Опубликованы или представлены для печати результаты исследований изотопов олова с массовыми числами **A=101, 102, 103, 104 и 105**.

Для этих изотопов впервые измерены энергетические распределения силы бета перехода. Полученные данные позволяют построить систематику вероятностей и энергий переходов Гамова-Теллера $g_{9/2} \text{ и } g_{7/2}$.

Для изотопов с массовыми числами **101-103** впервые исследованы схемы распада низколежащих уровней дочерних изотопов индия.

- Обработаны и опубликованы данные исследований **протонной радиоактивности** и посланы в печать данные по **двух протонной радиоактивности** высоко-спинового изомера $(21^+)^{94}\text{Ag}$.

Особенности нового источника двух протонной активности:

- **Z- нечётное ядро** (из-за спаривания ожидался 2-р распад Z-чётных ядер)
- $t_{1/2}=0.39 \text{ s}$ ----- 2001 г. 2-р ^{45}Fe распад - $t_{1/2}=1.75 \text{ мс}$, 2005 г. ^{48}Ni $t_{1/2}=1.75 \text{ мс}$
- **сравнимые интенсивности одно и двух-протонного распадов**

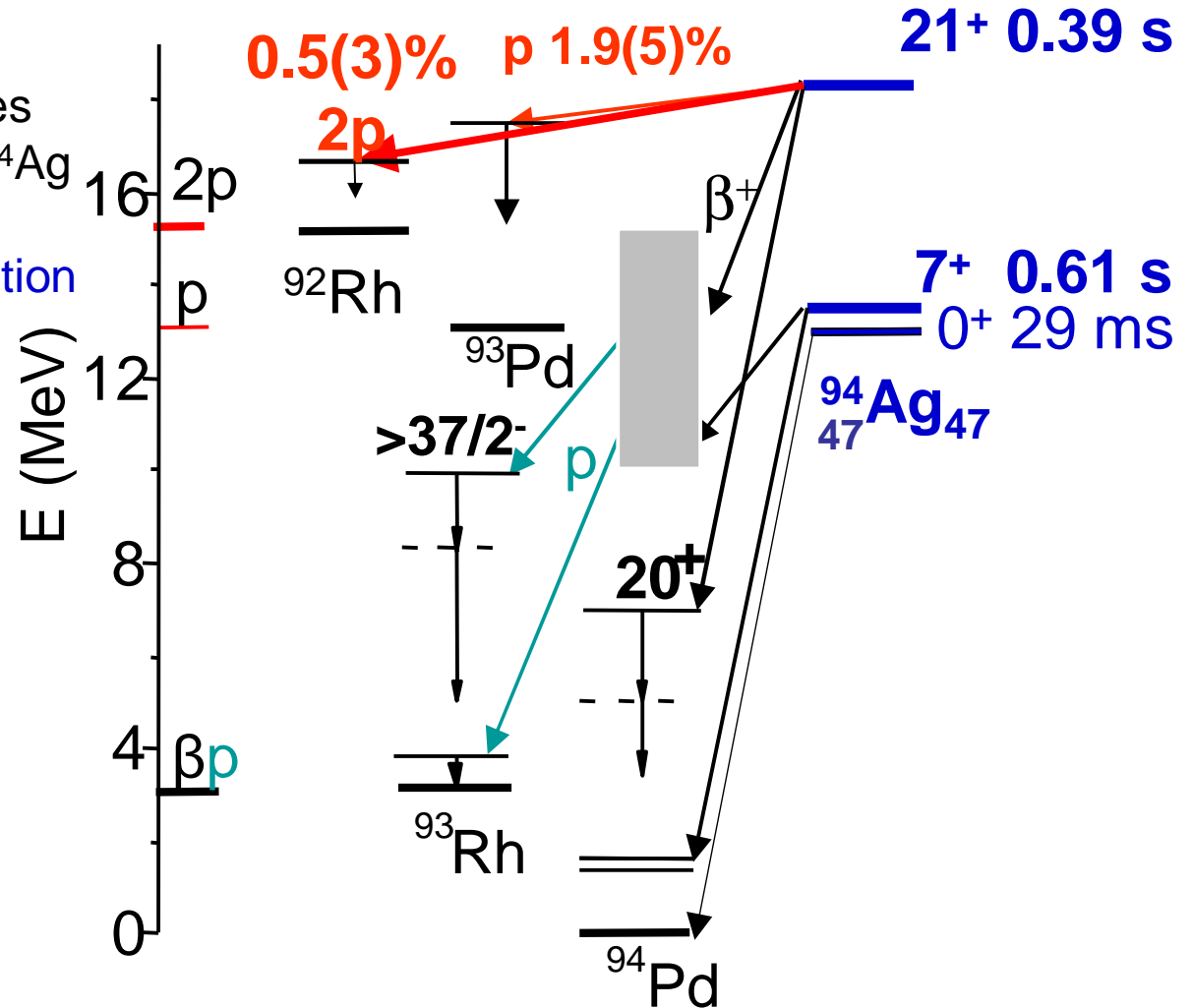
Proton Radioactivity of the (21⁺) High-Spin Isomer in ⁹⁴Ag

some noteworthy features
of (21⁺) spin-trap isomer in ⁹⁴Ag

- The highest spin and excitation energy ever observed for β -decaying nuclei

- Beta delayed proton decay

- Proton and **two-proton** radioactivity



Закончены эксперименты по исследованию переходов Гамова-Теллера ($\pi g_{9/2} \rightarrow \nu g_{7/2}$)



опубликовано

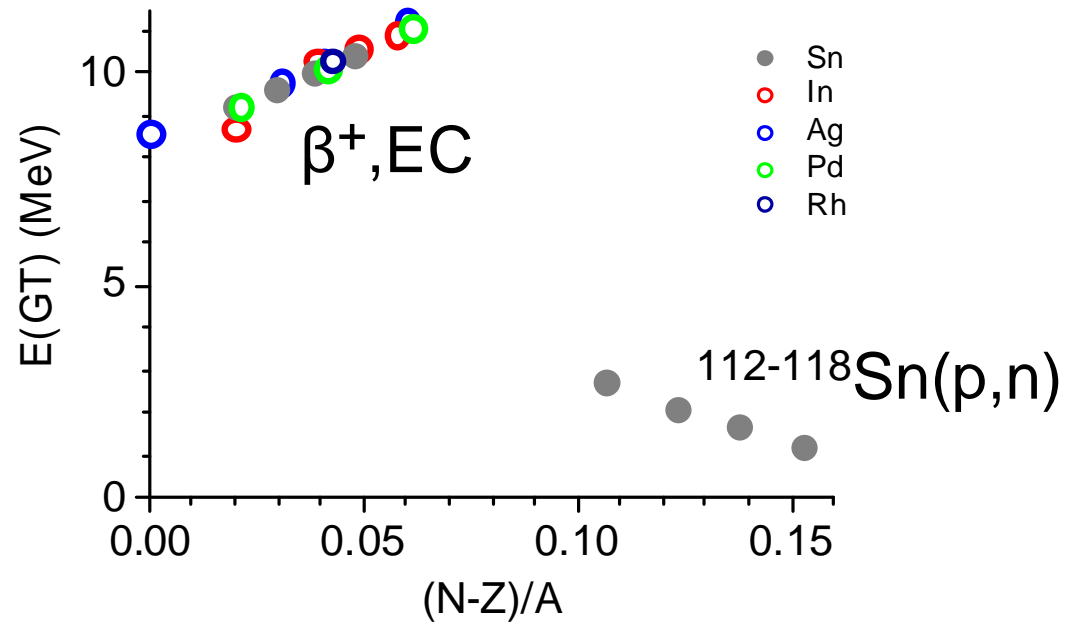
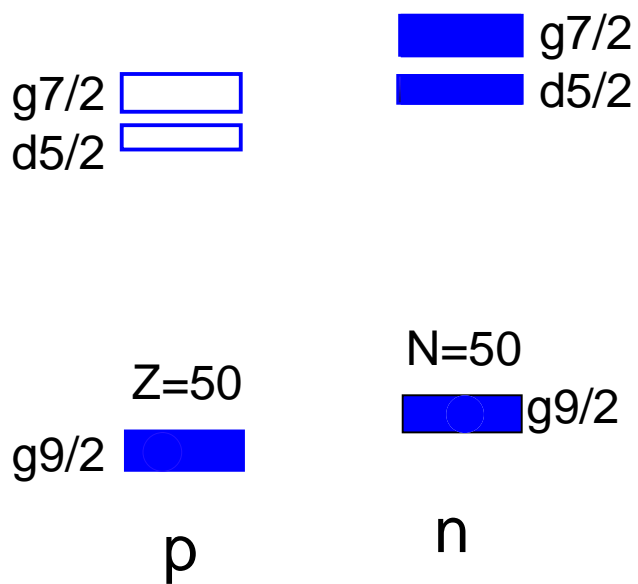
ГОТОВОИТСЯ
к публикации

				^{100}Sn	^{101}Sn	^{102}Sn	^{103}Sn	^{104}Sn	^{105}Sn	^{106}Sn
				^{99}In	^{100}In	^{101}In	^{102}In	^{103}In	^{104}In	^{105}In
	^{94}Ag	^{95}Ag	^{96}Ag	^{97}Ag	^{98}Ag	^{99}Ag	^{100}Ag			
		^{94}Pd								
			^{94}Rh							
N	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56

GAMOW-TELLER TRANSITIONS NEAR ^{100}Sn

program is finished

energies of $\pi g_{9/2} \rightarrow \nu g_{7/2}$ excitations.
comparison with (p,n) data



Проект МНТЦ №2391

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

Ю.Н. Новиков, В.И. Тихонов, В.С. Гусельников, В.К. Капустин, Ю.И. Гусев

- § 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}Tc , ^{129}I , ^{241}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

Разработка способов внедрения в углеродные матрицы долгоживущих р/а нуклидов технеция, йода и трансплутониевых элементов ("minor actinides").

Исследование удержания этих радионуклидов в матрице при воздействии различных факторов: температуры, воды, нейтронного и радиационного облучения и т.д.

Пиролиз при температуре 750-800°C комплексных металлорганических соединений (дифталоцианинов металлов).

Главной особенностью является возможность **трансмутации без какой-либо химической переработки**.

Пилотные испатания:

•**Термохимический анализ:** Европий не выделяется из матрицы при нагревании до температуры 1300-1400°C

•**Выщелачивание:** доля радиоизотопа, вымываемого водой за сутки из единицы веса матрицы, приведённого к единице поверхности, составляет не более $3 \cdot 10^{-10}$ г/см²·сутки. Эта величина удовлетворяет всем требованиям национальных и международных стандартов.

Разработан способ внедрения йода в углеродную матрицу путем пиролиза дифталоцианина под давлением в присутствии паров йода.

Эффективность внедрения йода в матрицу – 95-100%

•Полученные результаты позволяют рассчитывать на успешное решение поставленной в проекте задачи

Исследование изоспиновой зависимости в реакциях расщепления ядер

Эксперименты в Циклотронной лаб. Мичиганского Университета

Коллаборация: лаб. NiRa(NSCL MSU, США), М. Андроненко и Л. Андроненко

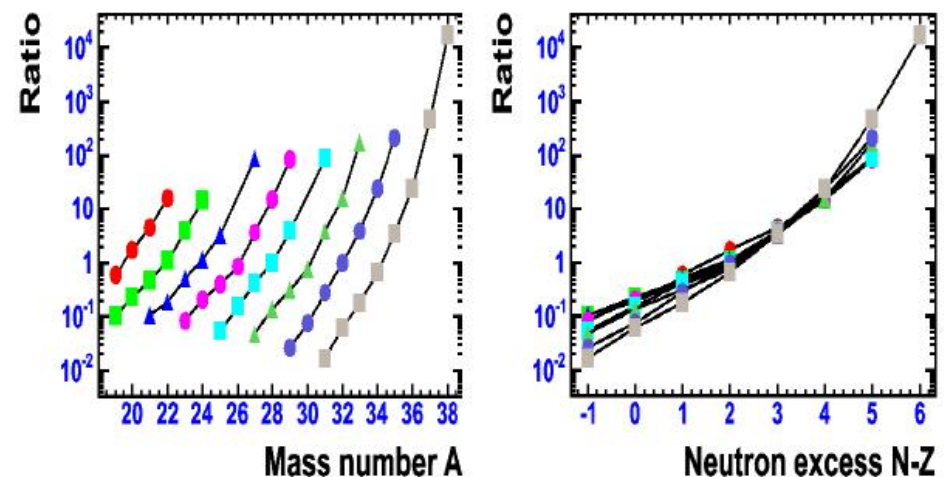
В 2005 г. в рамках коллаборации NSCL MSU и HEPD PNPi по исследованию изоспиновой зависимости выходов продуктов реакций фрагментации и глубоконеупругих передач на фрагмент-сепараторе NSCL A1900 был выполнен цикл экспериментов по фрагментации пучка ^{48}Ca на мишенях ^9Be и ^{181}Ta . При подготовке и во время экспериментов решались задачи, связанные с определением трансмиссии, зарядовыми состояниями и мониторингом пучка, подбором оптимального сканирования по магнитной жесткости и др.

Наряду с проведением экспериментов продолжалась обработка данных, полученных в 2004 г. в экспериментах по образованию редких изотопов при взаимодействии пучков ^{86}Kr и ^{40}Ca с энергией 140 МэВ/нуклон с вышеупомянутыми мишенями, первые результаты которых были доложены на 55-й международной конференции "Frontiers in Nuclear Physics" в Петергофе.

Cross sections – projectile dependence

$$\text{Ratio} = \frac{\sigma_{\text{frag}}(^{48}\text{Ca} + \text{Be})}{\sigma_{\text{frag}}(^{40}\text{Ca} + \text{Be})}$$

Z → 9 10 11 12 13 14 15 16



Сравнение изотопных распределений ряда продуктов с Z=9-16 образовавшихся при фрагментации пучков ^{40}Ca и ^{48}Ca на ^9Be

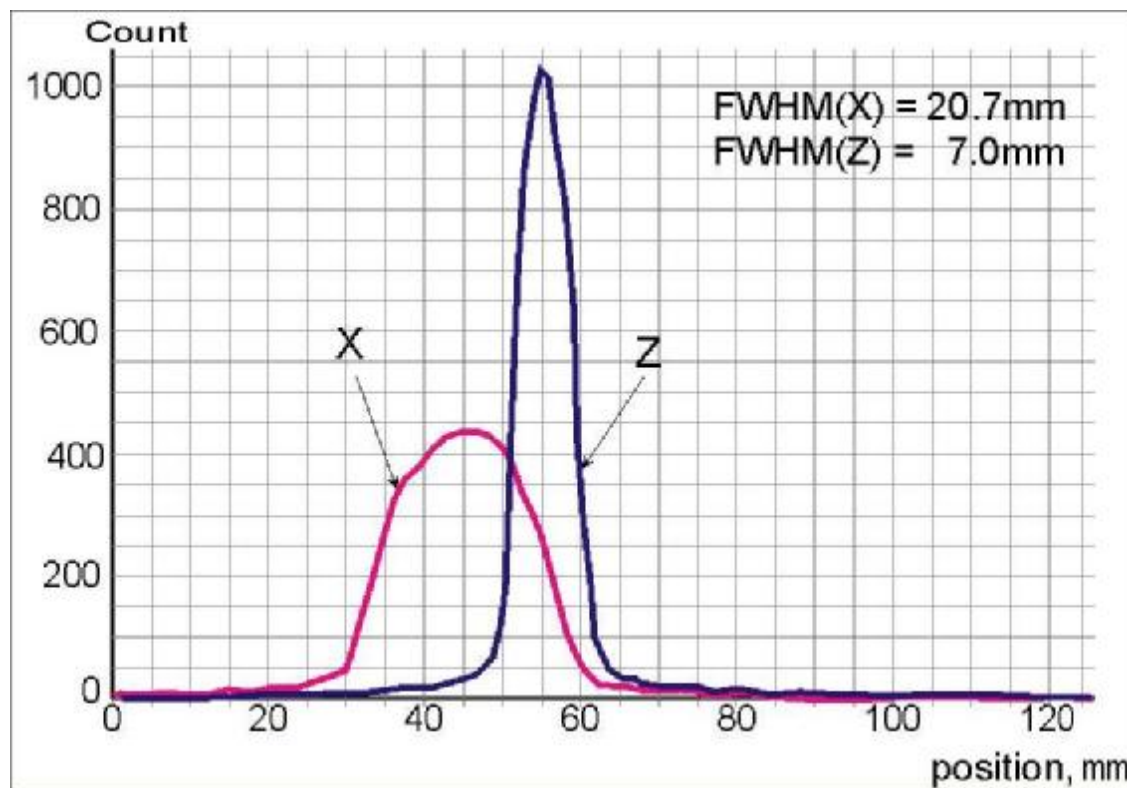
Комплекс протонной терапии ПИЯФ в 2005 году

1000 MeV proton beam of PNPI synchrocyclotron is used for the stereotaxic proton therapy of different head brain diseases. The advantage of high energy beam is low scattering of protons in the irradiated tissue. This factor allows to form the dose field with high edge gradients (20%/mm) that is especially important for the irradiation of the intra-cranium targets placed in immediate proximity to the life critical parts of the brain. Sufficient accuracy of positioning of the 5.0-6.0mm diameter proton beam at the isodose centre and two-dimensional rotation technique of the irradiation provide a very high ratio of the dose in the irradiation zone to the dose at the object's surface equal to 200:1. The absorbed doses are up to 120-150Gy.

1281 patients have been treated during last 30 years,
23 patients during 2005.

At present time the feasibility study is in progress with the goal to create a proton therapy on Bragg peak by means of the moderation of 1000 MeV proton beam by degrader down to 200 MeV, energy required for radiotherapy of deep seated tumors.

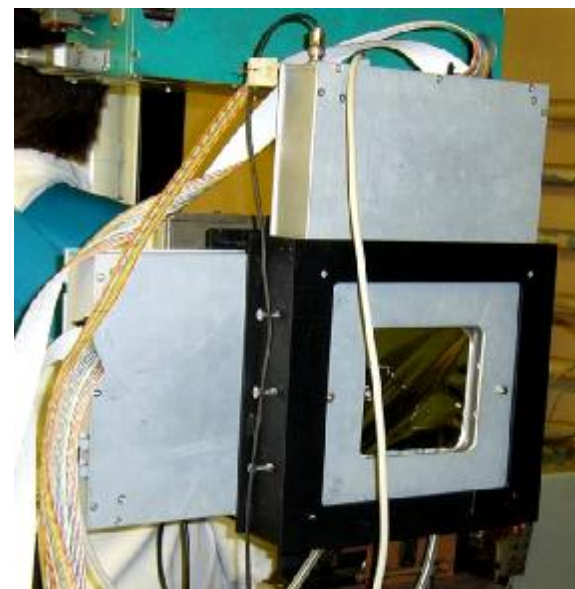
Контроль параметров пучка в зале облучения



Профили пучка в процессе облучения

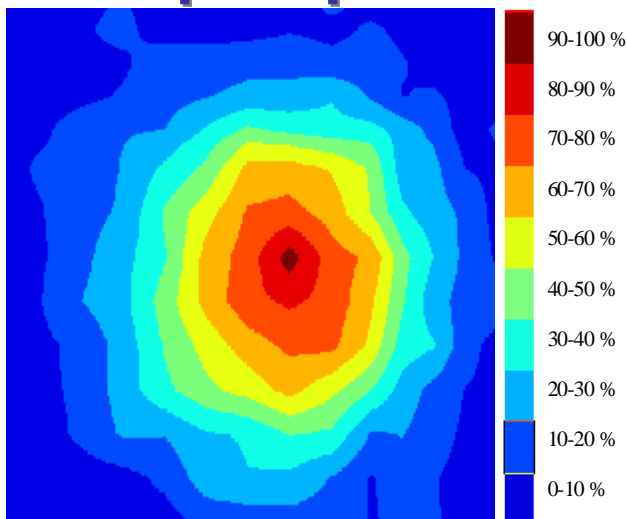


PC-интерфейс

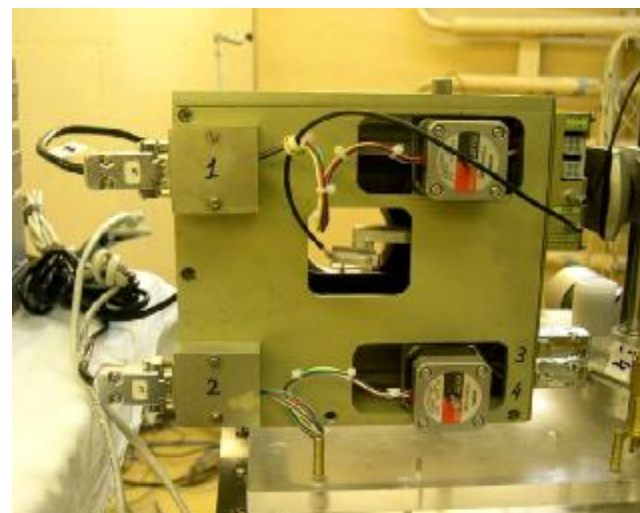


2 пары проволочных камер
128×128 мм

Профиль пучка в изоцентре

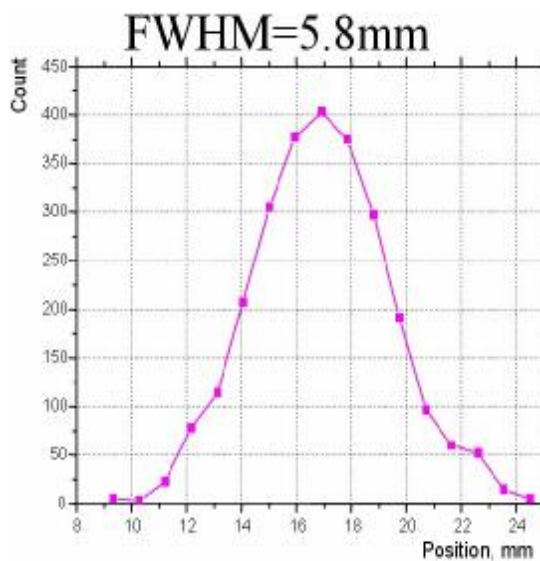


**2D-профиль в изоцентре
(FWHM 5,8 * 5,9 мм)**

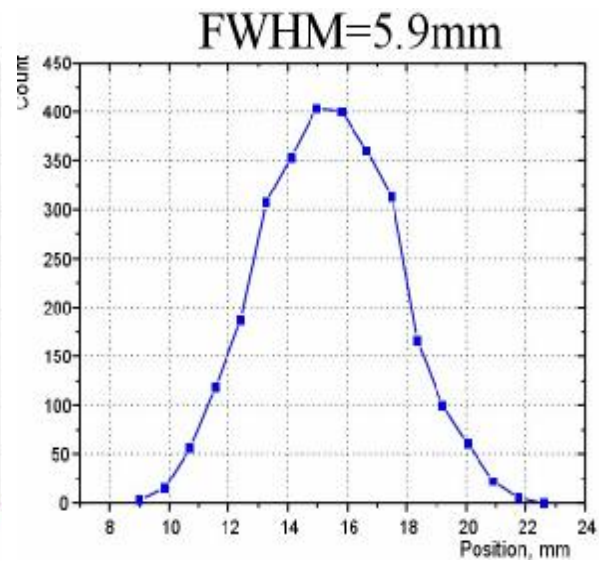


измерительная система

**Вертикальный
профиль**

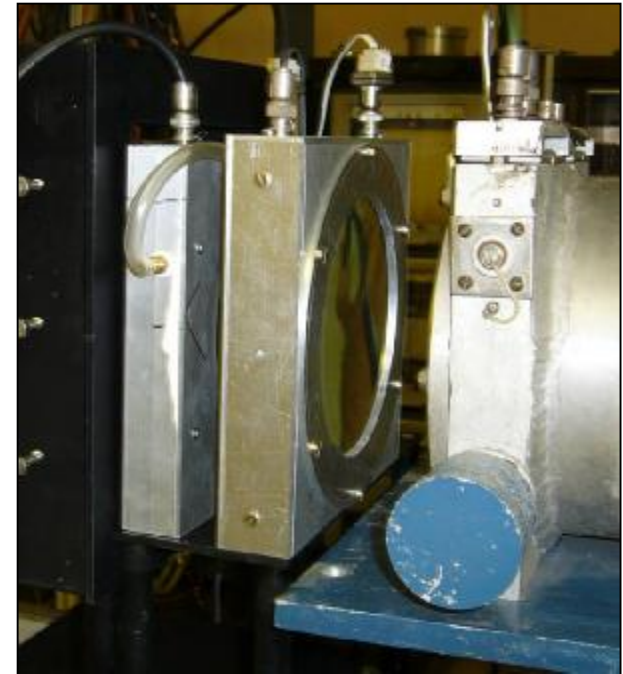
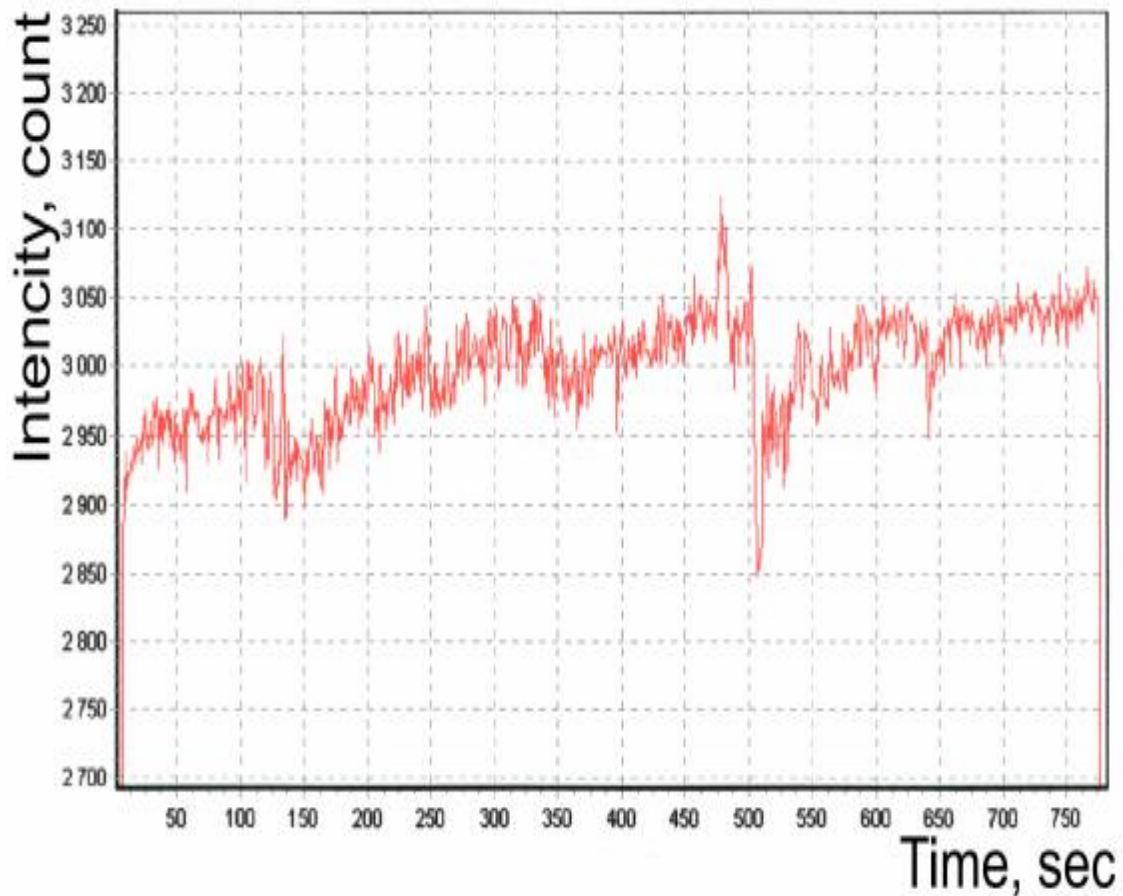


**Горизонтальный
профиль**



Мониторинг дозы

Распределение дозы
за время облучения



2 пропорциональные
камеры в токовом
режиме

Данные протонной стереотаксической терапии на СЦ ПИЯФ в 2005 году

Диагноз	Кол-во
Рак молочной железы	8
Рак предстательной железы	4
Аденома гипофиза	4
Артериально-венозная аневризма	7
Итого	23

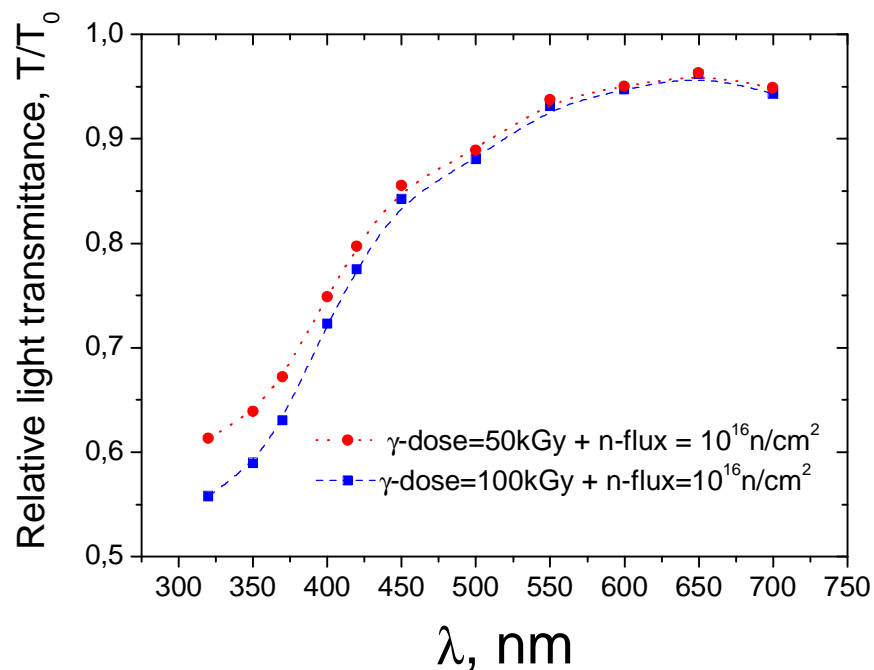
Radiation Hard Photodetectors on the base of Fine–Mesh Phototubes for the Operation in the Very Forward Rapidity Range in Calorimetric Experiments at the LHC.

Y. Gusev*, **A. Kuznetsov****, **V. Lukianov*****, **G. Mamaeva*****,
Y. Mousienko**, **S. Reucroft****, **D. Seliverstov***, **L. Shusterman*****, **J. Swain****

**Petersburg Nuclear Physics Institute*

*** Department of Physics, Northeastern University, Boston*

****Central Research Institute Electron*



Relative transmittance for gamma doses 50kGy and 100kGy and neutron fluence of $10^{16}n/cm^2$

Список выступлений сотрудников ГФЭЯ на международных конференциях

1. Yu. N. Novikov

Recent achievements and future mass measurements in Storage Rings

STORI-05 Intern, Conference on Nuclear Physics at Storage Rings in Bonn, May 23-26, 2005
Proceedings, FZ-Juelich, v.30, p 201 (2005)

2. Yu. N. Novikov

Mass measurements at the Storage Rings at GSI

Frontiers in the Physics of Nucleous, Sc.Peterhof, June 28-July 1, 2005 Abstracts, p.38

3. Yu. N. Novikov

Future of mass and half-life measurements in Storage Rings (Project ILIMA at FAIR)

Third Sandanski Coordination Meeting on Nuclear Science, Albena, Sept. 20-30, 2005. Abstracts,
p.23

4. D.M. Seliverstov

1000 MeV Proton beam therapy facility at Petersburg Nuclear Physics Institute Synchrocyclotron

19 Nuclear Physics Divisional Conference: New trends in Nuclear Physics application and
technology

Pavia, Italy, September 2005 Abstracts, p.

5. L.N. Andronenko

Fragmentation cross section measurements

Frontiers in the Physics of Nucleous,
Peterhof, June 2005

Список публикаций ГФЭЯ за 2005 г.

1. A. Kankainen, Yu. N. Novikov, A.V. Popov, S.A. Eliseev, G.K. Vorobjev, D.M. Seliverstov et. al.
Isotopes of astrophysical interest in neutron-deficient nuclei at masses $A=81,85$ and 86 .
Euro Phys. J. A 25, 355-363 (2005)
2. O. Kavatsyuk, M. Kavatsyuk, L. Batist, et. al.,
Beta decay studies near 100 Sn, beta decay spectroscopy of 103,105 Sn.
Euro Phys. J A 25, 211 (2005)
3. Janas Z., Batist L. et. al.,
Lifetimes of proton unstable states in 113I measured by the particle-X-ray coincidence technique
Euro Phys. J A 24, 205 (2005)
4. Janas Z., Batist L. et. al.,
Total absorption spectroscopy of the b-delayed proton emitter 117Ba
Euro Phys. J A 23, 401 (2005)
5. Janas Z., Mazzocchi C., Batist L. et. al.,
Measurements of 110Xe and 106Te decay half-lives
Euro Phys. J A 23, 197-200 (2005)
6. Gadea A., Lenzi S.M., Batist L. et. al.,
Hindered E4 decay of the 12+ yrast trap in 52Fe
Phys. Lett. B 619, 88
7. Yu.A. Litvinov, Yu. Novikov et. al.,
Mass measurement of cooled neutron-deficient bismuth projectile fragments with time-resolved Schottky mass spectrometry at the FRS-ESR facility
Nucl. Phys., A 756, 3 (2005)
8. M. Matoš, Yu.N. Novikov et. al.,
Direct mass measurements of short-lived neutron-rich fission fragments at the FRS-ESR facility at GSI
Proc. EXON-04 conf., Sci. Wordl, 2005
9. K. Perejarvi, A. Popov et. al.,
New ion-guide for the production of beams of neutron-rich nuclei between $Z=20-28$
Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res A 546 (2005), p 418-425
10. M. N. Andronenko, L. N. Andronenko et. al.,
Mass dependence of nuclear isotope temperature for binary and ternary fission
Preprint PNPI, Gatchina, 2005, 21p
11. Yu. I. Gusev, V.N. Iukianov, G.A. Mamaeva, F.V. Moroz, D.M. Seliverstov, D.O. Yakore
Ageing of the Photodetectors for the CMS Endcap Electromagnetic Calorimeter
Preprinr PNPI-2597, Gatchina, 2005, 16p