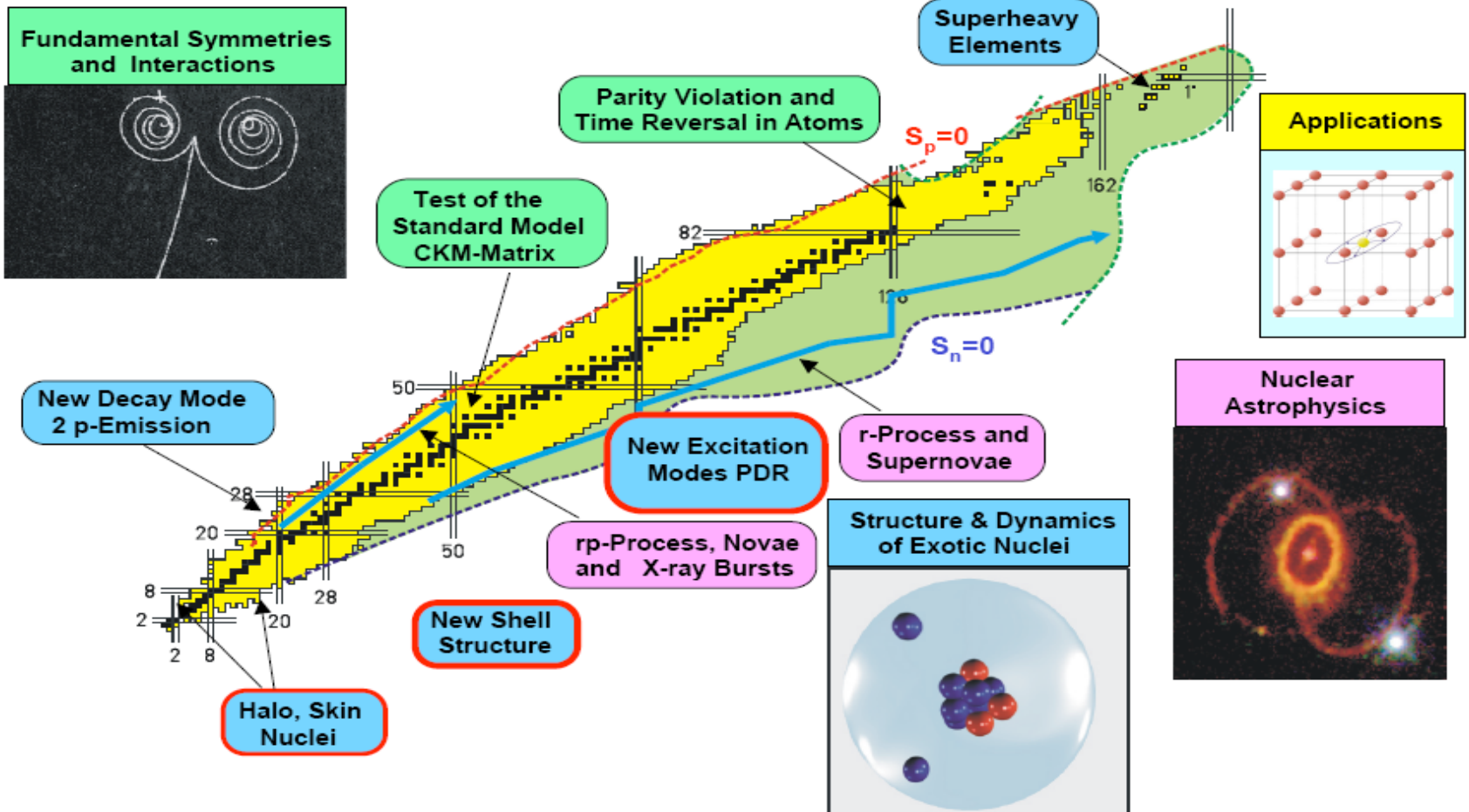


Сессия ученого Совета ОФВЭ, 27-29 декабря 2010 г.,

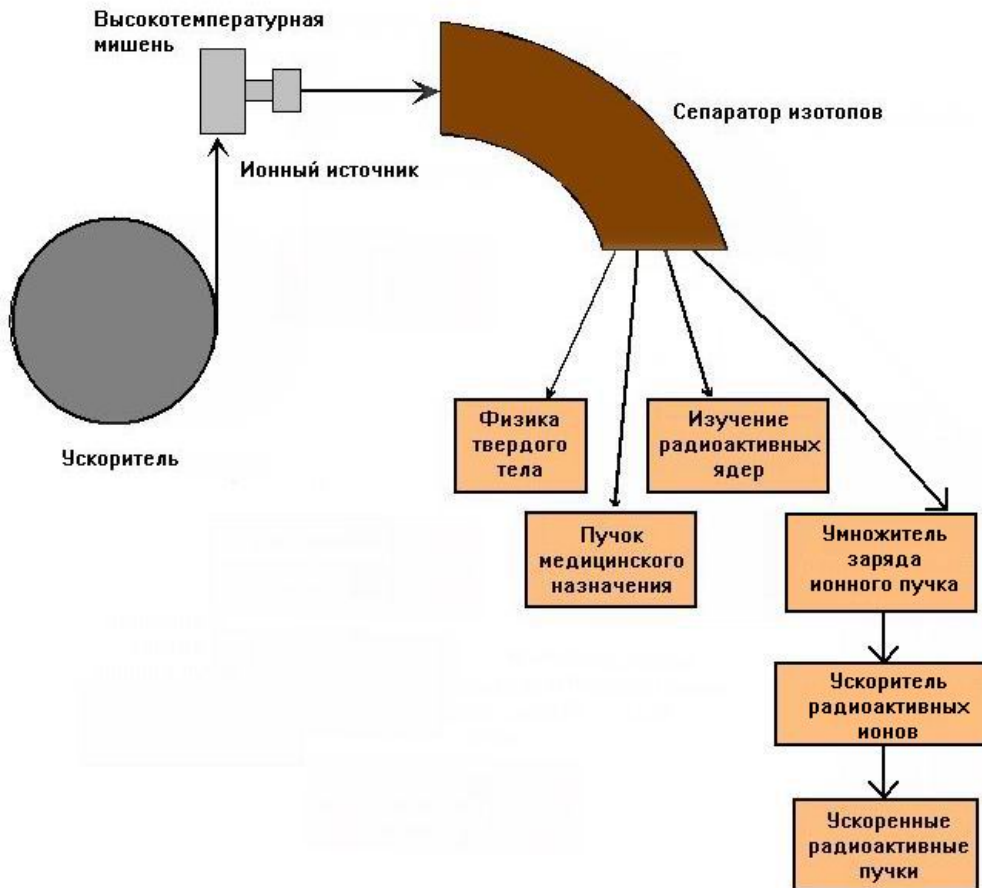
*Лаборатория короткоживущих ядер  
В. Н. Пантелеев*

**Исследование нейтронно-дефицитных и нейтронно-избыточных ядер, удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности, 2010 г.**

# Physics with Exotic Nuclei



# Современная ISOL (Isotope Separator On-Line) система на пучке протонов



Фундаментальные направления исследования удаленных ядер:

- Массы ядер
- Радиусы, электромагнитные моменты
- Моды распада
- Фундаментальные взаимодействия
- Астрофизические процессы

Прикладные использования:

- Получение медицинских радио-нуклидов
- Физика твердого тела

Строящиеся и проектируемые ISOL системы с токами бомбардирующих мишень частиц до **1 mA** обеспечивают возможность получения **сверхчистых пучков** с накопленной активностью медицинских радио-нуклидов до **нескольких сотен Кюри, параллельно** за несколько суток эксперимента.

## Основные направления работ в 2010 году:

### ИРИС

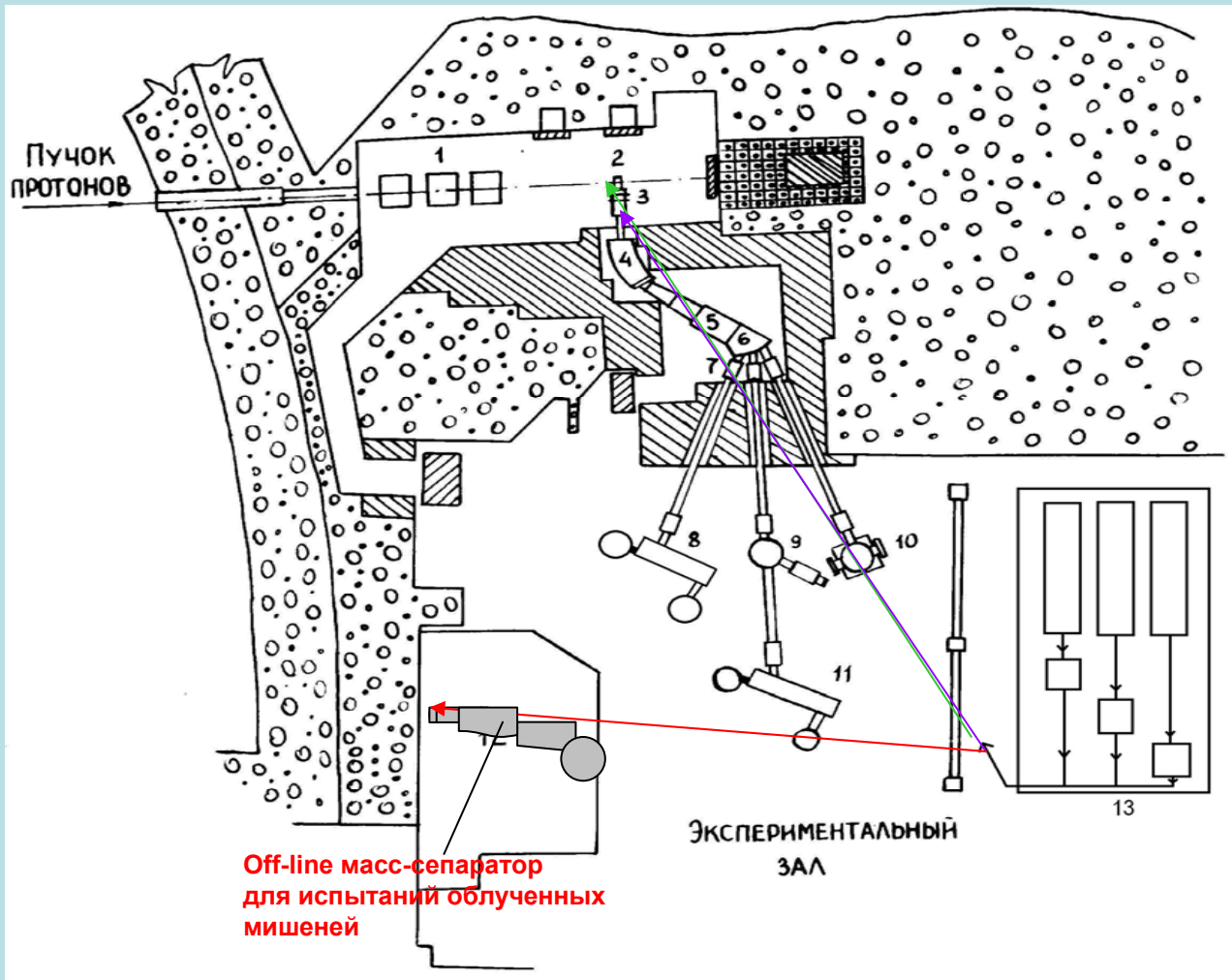
1. Подготовка эксперимента по измерению изотопических сдвигов изотопов Tl
2. Исследования выходов нейтронно-избыточных изотопов на тяжелых мишенях
3. Подготовка проекта ИРИНА
4. Подготовка проекта РИЦ-80
5. Тесты прототипа мишенно-ионного устройства для установки РИЦ-80 (облучение в главном зале ускорителя для последующего выделения  $^{82}\text{Sr}$ )

### ISOLDE

5. Обработка данных по исследованию удаленных изотопов Tl ( $A=178-182$ )
6. Изучение формы ядер изотопов  $^{193-204}\text{Po}$  ( $Z=84$ ) на установке ISOLDE с использованием лазерного источника

# Экспериментальный зал ИРИСа с новой лазерной установкой УЛИСС

максимальный ток протонов на мишени  $0.3 \mu\text{A}$

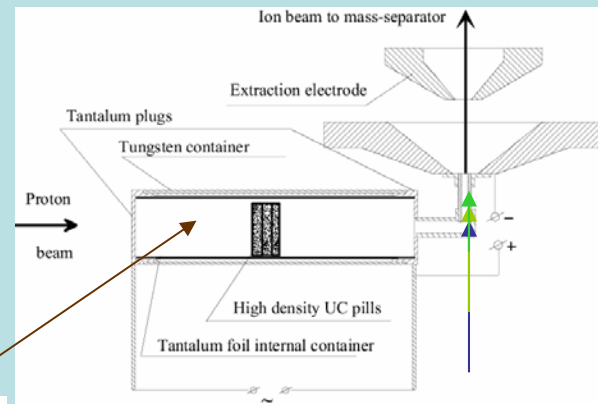


# Схема Универсальной Лазерной Ионизационно-Спектроскопической Системы (УЛИСС),

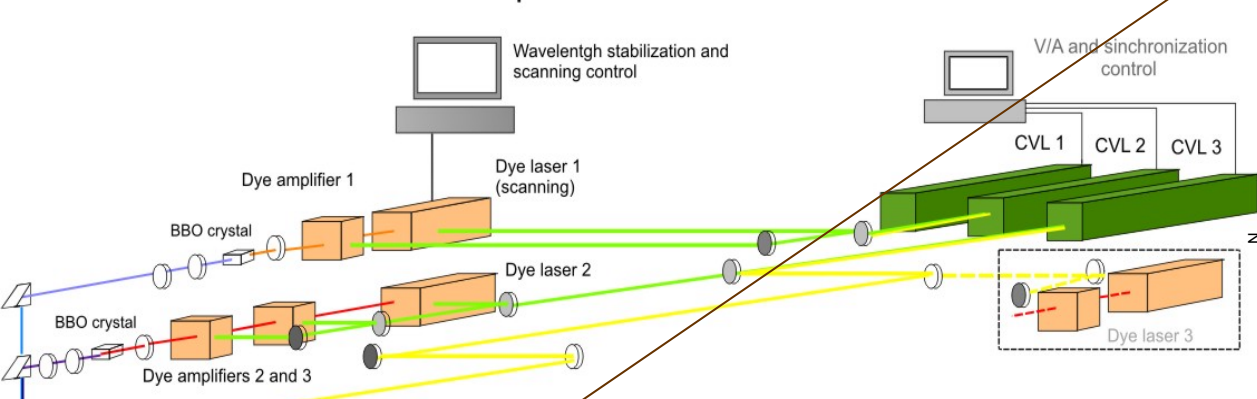
2009 г. – физический запуск УЛИСС

2009 – 2010 г.г. – первые измерения радиоактивных изотопов In и Tl с использованием ультрафиолетового излучения. Измерены изотопические сдвиги и сверхтонкая структура  $^{119,121}\text{In}$  и  $^{207}\text{Tl}$

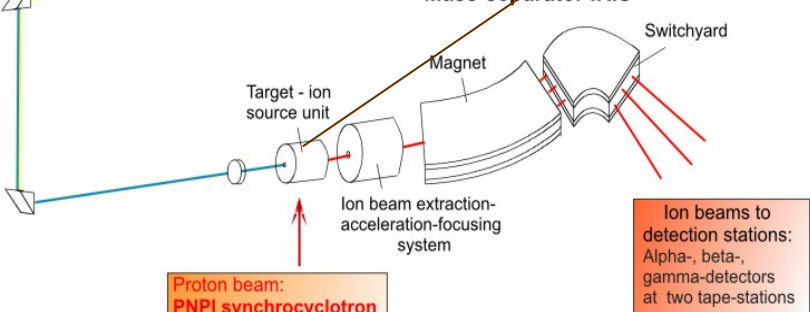
## Мишенное устройство для получения короткоживущих изотопов



### Laser complex IRIS



### Mass-separator IRIS



Proton beam:  
**PNPI synchrocyclotron**  
 1 GeV  
 0.1  $\mu\text{A}$   
 50Hz

Ion beams to detection stations:  
 Alpha-, beta-,  
 gamma-detectors  
 at two tape-stations

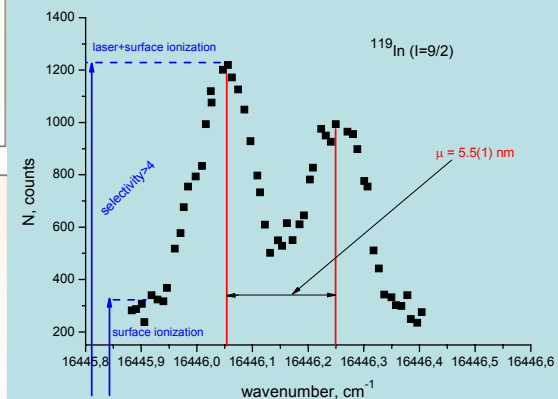
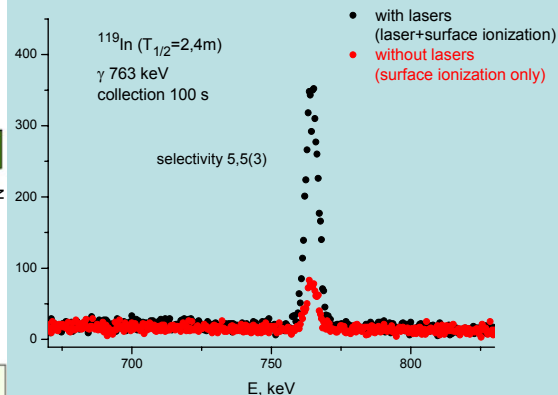
### Copper-vapor laser set-up:

CVL 1 - master oscillator,  
 CVL 2,3 - amplifiers,  
 laser power - 40W each,  
 wavelength - 510 nm and 578 nm,  
 repetition rate - 10 kHz,  
 Laser pulse - 10 ns.

### Dye laser set-up:

Dye laser 1 - narrow band (500 Mhz), with scanning and wavelength stabilization control.  
 Dye laser 2,3 - broad band (20 Ghz)  
 Dye amplifiers 1,2,3,4.

Laser power - up to 10W (with two amplifiers)  
 Wavelengths - 540 nm - 900 nm,



## Почему таллий?

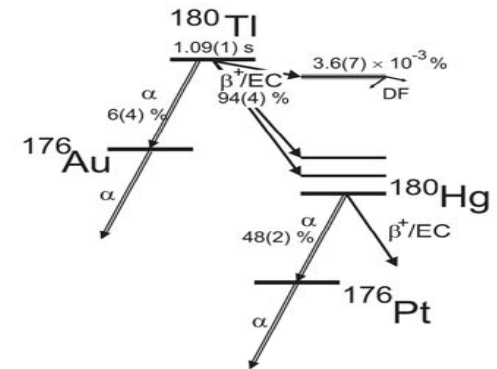


FIG. 3: A simplified decay scheme of  $^{180}\text{Tl}$  with deduced half-life and branching ratios for its various decay modes. The 94(4)%  $\beta^+/\text{EC}$  decay branch of  $^{180}\text{Tl}$  is shown schematically by arrows feeding excited states in  $^{180}\text{Hg}$ ; those states in the vicinity of the fission barrier can undergo  $\beta\text{DF}$ .

В 2010 г. в экспериментах по исследованию изотопов в области  $A=180$  с использованием лазерного ионного источника обнаружено ассиметричное деление  $^{180}\text{Tl}$  ( $T_{1/2} = 1.09(1)$  сек)

**Вместо ожидаемого симметричного деления на два полумагических ядра  $^{90}\text{Zr}$  деление происходит на два фрагмента  $A=100$  и  $A=80$ , предположительно это  $^{100}\text{Ru}$  и  $^{80}\text{Kr}$**

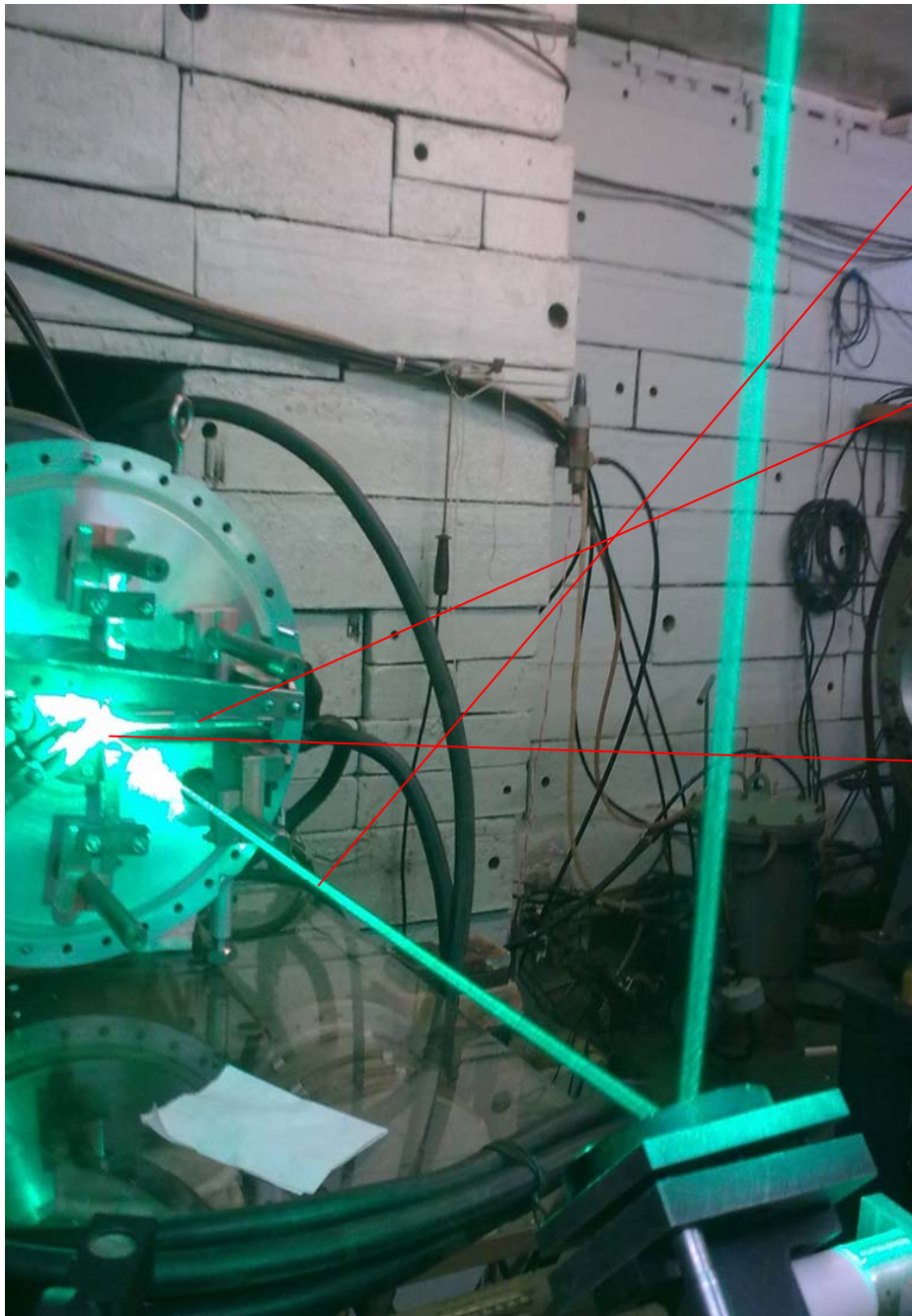
*A new type of asymmetric fission in proton-rich nuclei in the mass 180 region*

*A.N. Andreev, ... A. Barzakh, ... D. Fedorov, ..., M. Seliverstov, ...*

Очень интересными в этой связи являются измерения зарядовых радиусов цепочки нейтронно-дефицитных изотопов таллия (А. Е. Барзах, следующий доклад), а также его ядерно-спектроскопические исследования

**$^{201}\text{Tl}$  используется в ПЭТ для диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы (о возможности получения таллия-201 в докладе 30 декабря)**





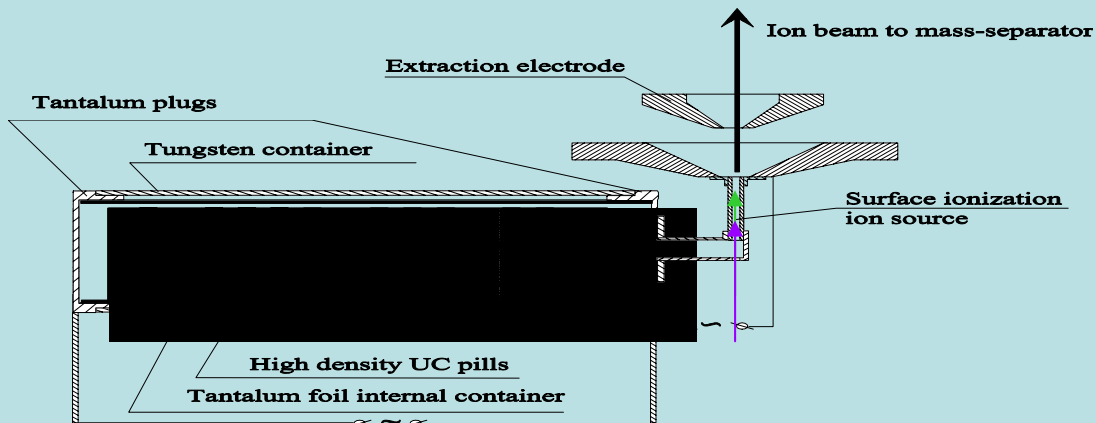
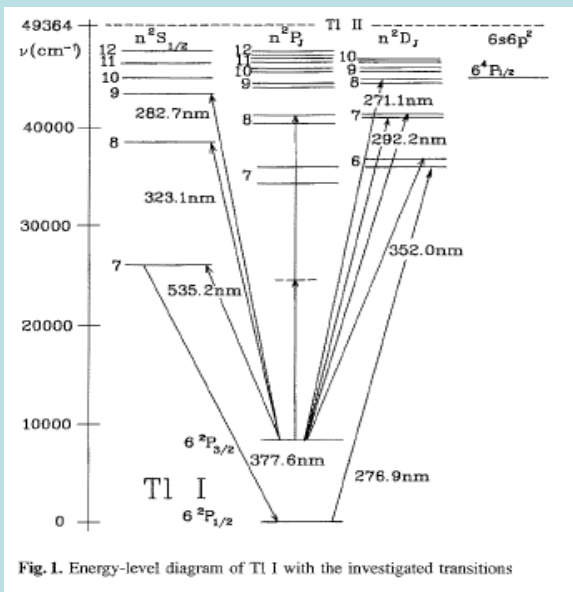
Ультрафиолетовый и зеленый лазерные лучи, сфокусированные в объем лазерного ионного источника

Мишень с карбидом урана высокой плотности

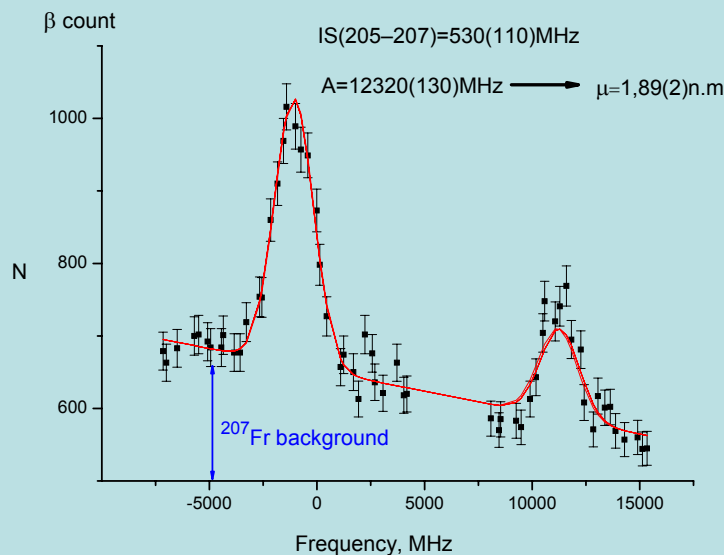
Лазерный ионный источник



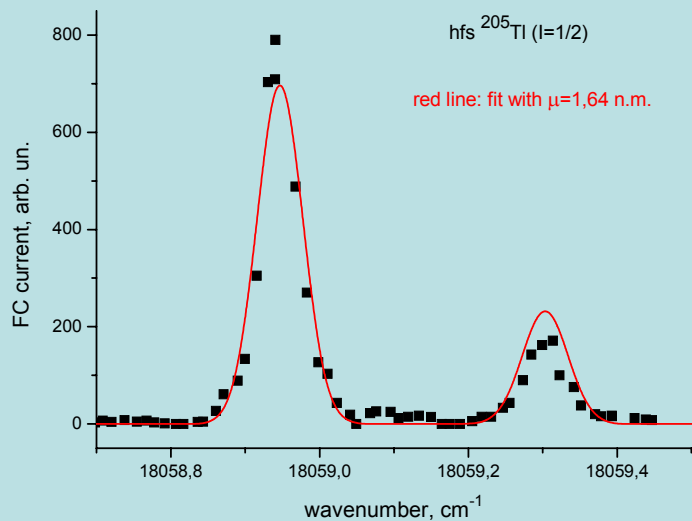




Сверхтонкая структура радиоактивного  $^{207}\text{Tl}$



Сверхтонкая структура стабильного  $^{205}\text{Tl}$



Также получены выходы (нерезонансные) изотопов

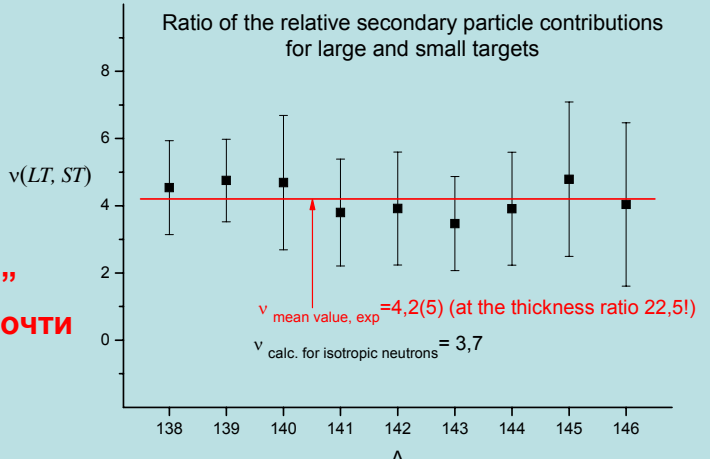
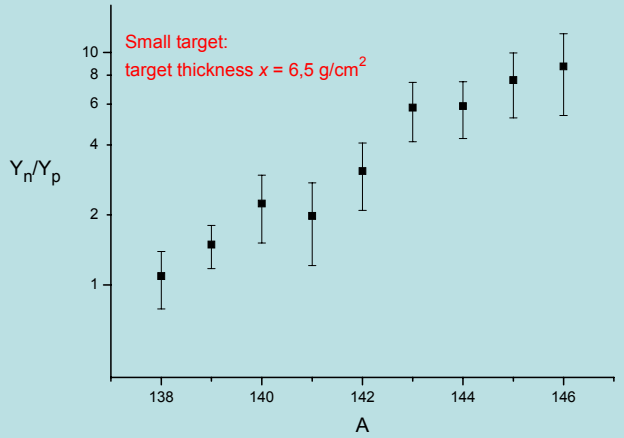
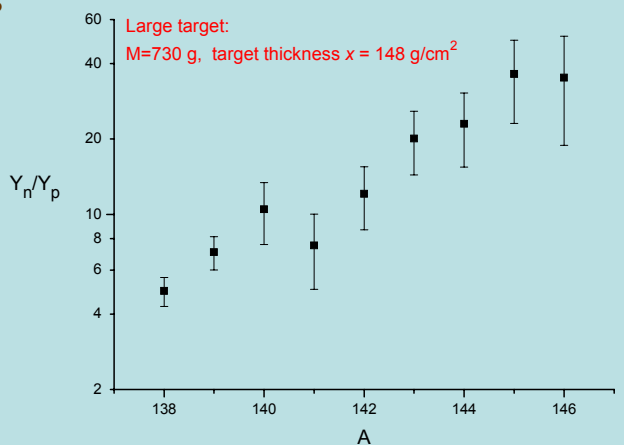
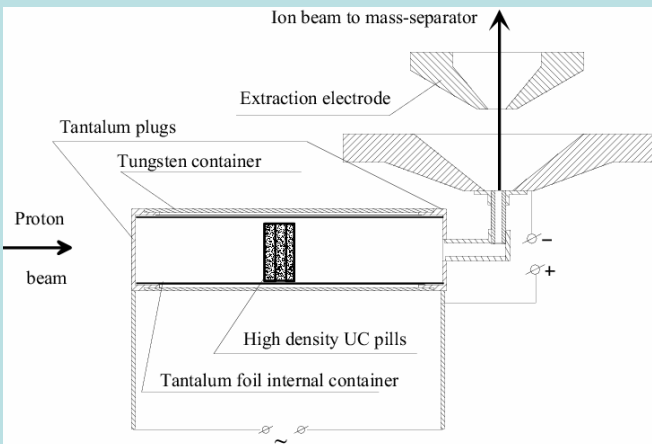
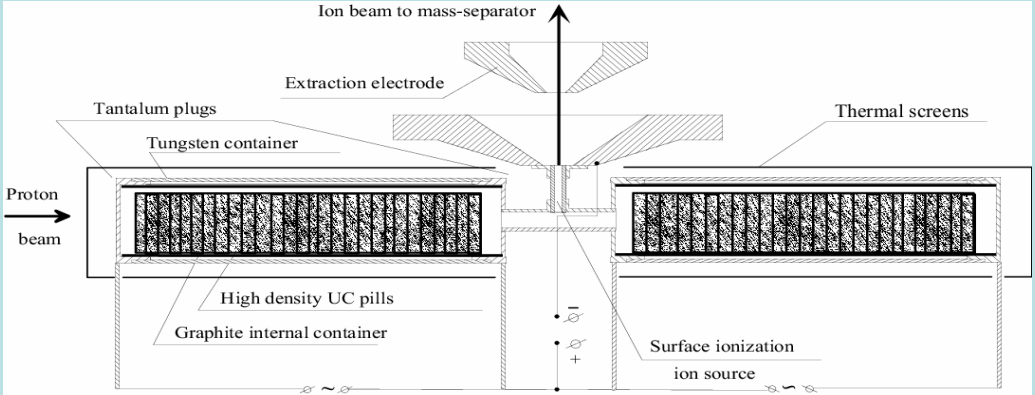
- $^{191}\text{Tl}$
- $^{190}\text{Tl}$
- $^{188}\text{Tl}$
- $^{186}\text{Tl}$
- $^{185}\text{Tl}$
- $^{183}\text{Tl}$

по измеренным бета и альфа распадным частицам

# **Выходы нейтронно-избыточных изотопов из тяжелых мишеней**

**Secondary neutrons as the main source of the neutron rich fission residues production after the bombardment of a thick U target by 1 GeV protons:**

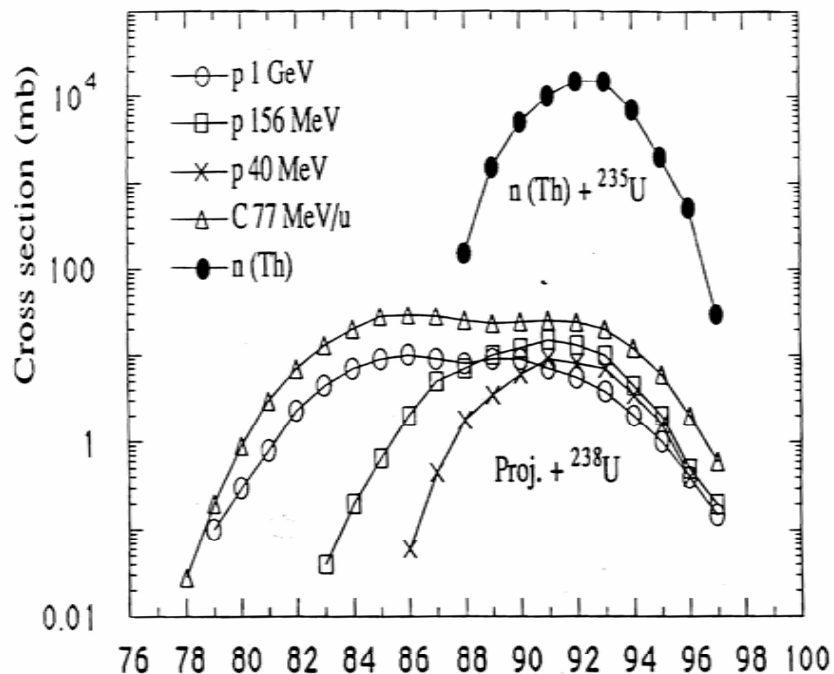
**experimental evidences for Cs isotopes.** *A.E. Barzakh, O. Alyakrinskiy, L. Kh. Batist, D.V. Fedorov, V.S. Ivanov, G. Lhersonneau, K.A. Mezilev, P.L. Molkanov, F.V. Moroz, S.Yu. Orlov, V.N. Panteleev, L.B. Tecchio, M. Barbui, Yu.M. Volkov*



**Выходы удаленных нейтронно- избыточных изотопов из “толстой” мишени благодаря вкладу вторичных нейтронов увеличиваются почти В 40 раз!**

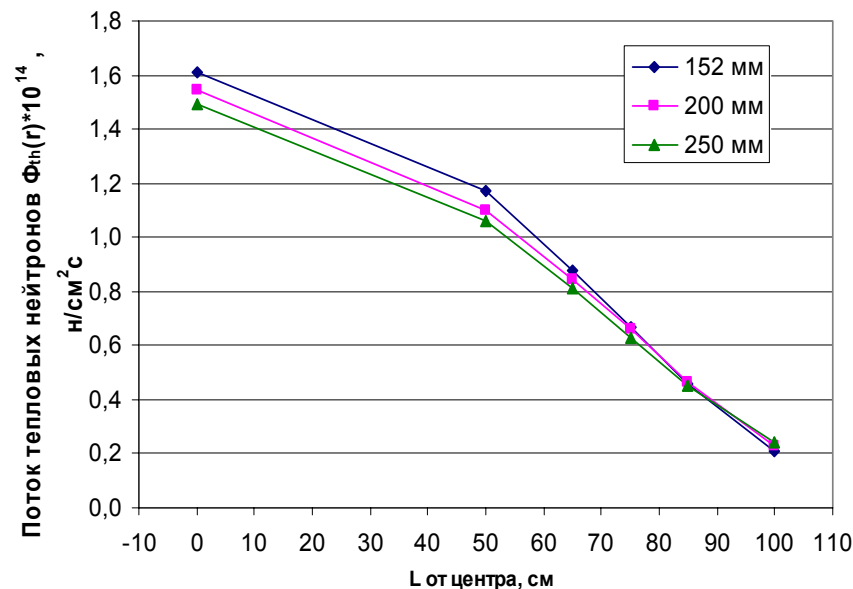
# **Проект ИРИНА (Исследование Радиоактивных Изотопов на НейтронАх) на реакторе ПИК**

# Проект ИРИНА (Исследование Радиоактивных Изотопов на НейтронАх) на реакторе ПИК



Сечения образования изотопов Rb на пучках различных частиц А

Поток тепловых нейтронов на оси горизонтального канала ГЭК 5  $\Phi_{th}(r) \cdot 10^{14}$  н/см<sup>2</sup>с

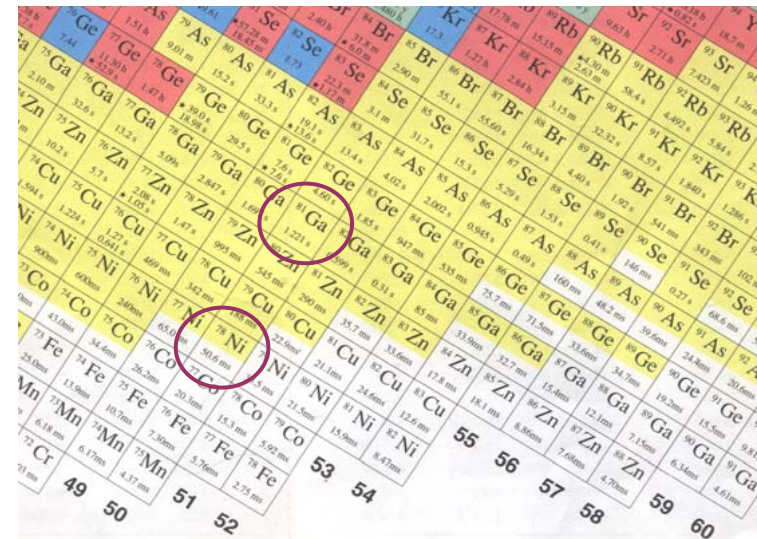
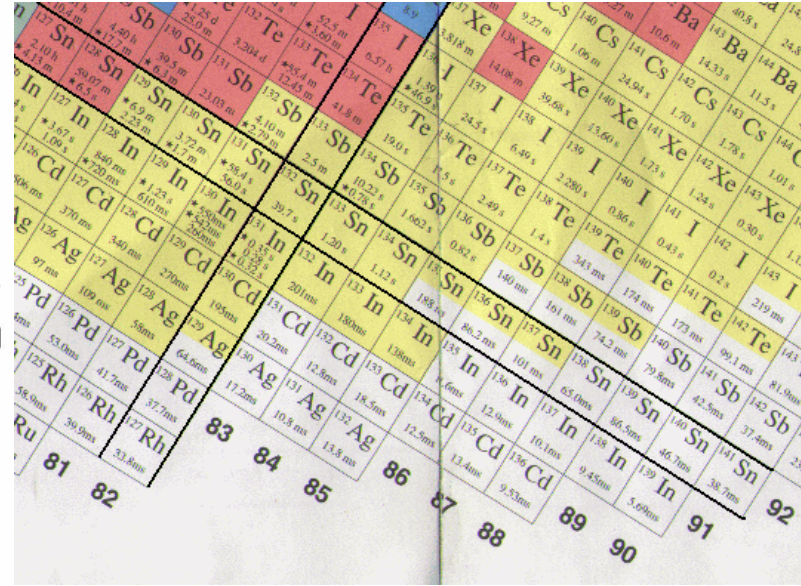
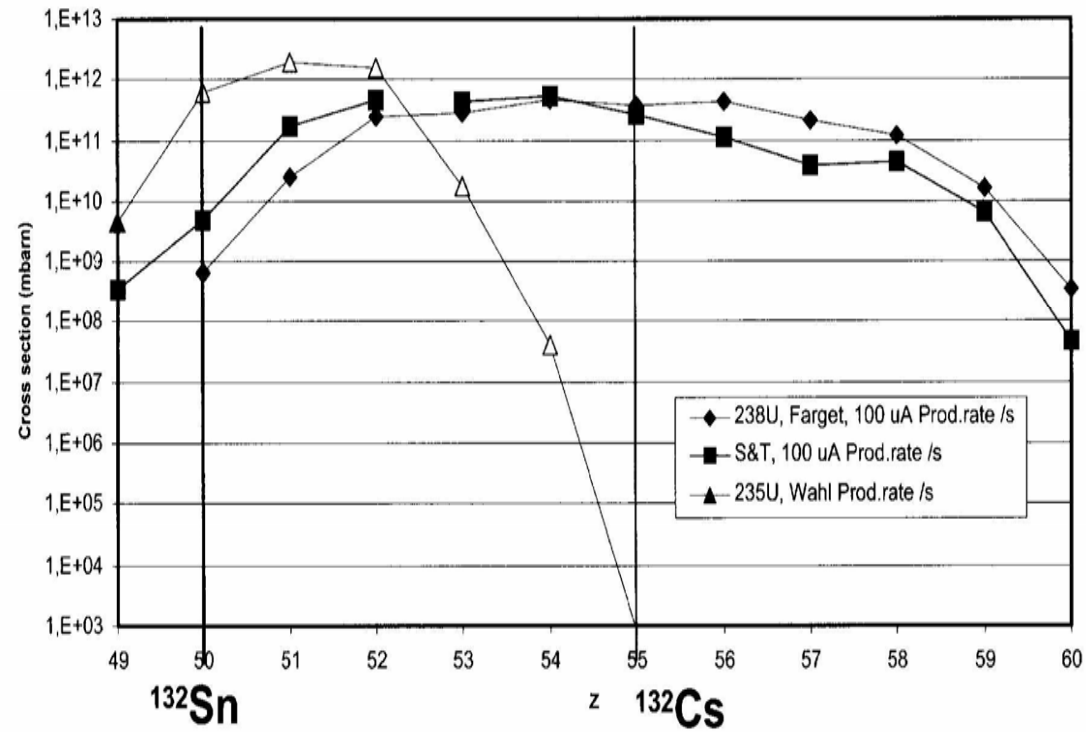


**ИРИНА:** поток нейтронов  $3 \times 10^{13}$  н/см<sup>2</sup>сек  
 масса мишени  $\sim 3 - 4$  г. (Масса и поток могут быть увеличены)  
 Выход <sup>97</sup>Rb ( $T_{1/2} = 0.17$ с):  $\sim 10^{10}$  ат/сек

**Синхроциклотрон ИРИС:** ток  $0.3 \mu A$   
 масса мишени  $100$  г/см<sup>2</sup> (большая масса – медленный выход !)  
 Выход <sup>97</sup>Rb:  $\sim 10^8$  ат/сек

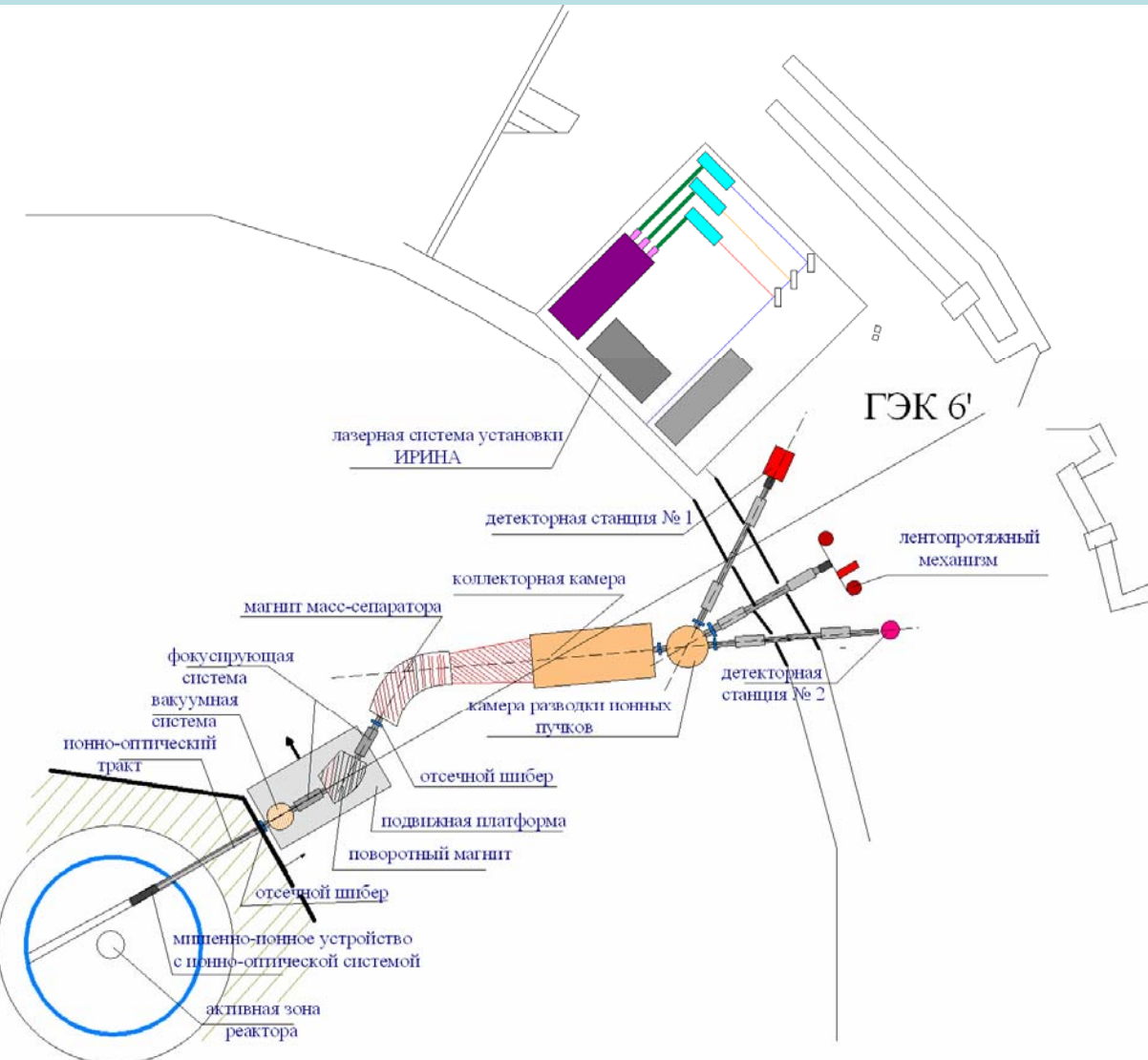


## Production rates for mass 132



Получение на тепловых нейтронах нейтронно-избыточных ядер в районе дважды магических ядер  $^{132}\text{Sn}$  и  $^{78}\text{Ni}$  позволяет снизить на несколько порядков вклад соответствующих изобар Cs и Rb по сравнению с получением на протонах

# Схема расположения установки ИРИНА (Исследование Радиоактивных Изотопов на Нейтронах) на пучке ГЭК-6' реактора ПИК



В мишени из 4 г  $^{235}\text{U}$  при потоке  $3 \times 10^{13}$  н/см<sup>2</sup>с выделяется около 3 кВт мощности. Скорость образования референсного изотопа  $^{132}\text{Sn}$   $6 \times 10^{11}$  ат/сек

На проектируемой установке **EURISOL**: при протонном токе 5mA при работе с Hg-конвертером  $\approx 10^{12}$  атомов  $^{132}\text{Sn}$  в мишени  $^{238}\text{U}$  массой около 2-ух килограммов

Проект **SPIRAL-2**: (дейтроны 500  $\mu\text{A}$ , 100MeV, пуск в 2014 г.):  $\approx 3 \times 10^{10}$  атомов  $^{132}\text{Sn}$  в мишени 400 г  $^{238}\text{U}$ .

## Сравнение расчетных выходов (в мишени) установки ИРИНА и SPIRAL2

Nuclide	Z	T1/2 sec	IRIN	SPIRAL2
			Cum.Yield	Cum.Yield
<sup>74</sup> Ni	28	0,9	4,58E+06	2,75E+05
<sup>78</sup> Cu	29	0,342	1,09E+07	1,15E+06
<sup>80</sup> Zn	30	0,545	2,42E+08	2,64E+09
<sup>84</sup> Ga	31	0,085	1,11E+10	1,24E+07
<sup>85</sup> Ge	32	0,535	2,13E+09	4,09E+08
<sup>87</sup> As	33	0,49	5,27E+10	8,60E+09
<sup>91</sup> Se	34	0,27	6,66E+08	2,71E+08
<sup>93</sup> Br	35	0,102	3,09E+09	3,35E+09
<sup>95</sup> Kr	36	0,78	7,19E+09	4,45E+09
<sup>100</sup> Rb	37	0,051	3,48E+10	1,79E+07
<sup>102</sup> Sr	38	0,069	1,73E+08	9,02E+07
<sup>102</sup> Y	39	0,3	2,68E+11	1,02E+10
<sup>127</sup> Ag	47	0,109	1,58E+02	1,71E+01
<sup>130</sup> Cd	48	0,195	8,78E+10	8,03E+04
<sup>133</sup> In	49	0,18	1,71E+08	1,06E+08
<sup>134</sup> Sn	50	1,12	1,77E+10	2,62E+09
<sup>136</sup> Sb	51	0,82	1,15E+10	3,45E+09
<sup>138</sup> Te	52	1,4	6,62E+10	7,96E+09
<sup>141</sup> I	53	0,43	4,07E+10	3,69E+09
<sup>145</sup> Xe	54	0,9	7,16E+07	1,87E+08
<sup>148</sup> Cs	55	0,14	1,31E+07	3,53E+07
<sup>150</sup> Ba	56	0,3	5,02E+07	7,82E+07
<sup>150</sup> La	57	0,51	1,05E+10	3,15E+09

Из приведенной таблицы видно что, для большинства крайне удаленных нейтронно-избыточных изотопов выходы на установке ИРИНА выше, чем на установке SPIRAL2, физический запуск которой планируется в 2014 г. и которая, согласно сегодняшним оценкам, будет иметь самые высокие выходы нейтронно-избыточных изотопов.

**Расчетные выходы долгоживущих «медицинских» изотопов на масс-сепараторе ИРИНА**

Нуклид	$T_{1/2}$	ISOLDE (1 $\mu$ A, 50g/cm <sup>2</sup> )	ИРИНА (3*10 <sup>13</sup> n/cm <sup>2</sup> s, 4g)
<sup>89</sup> Sr (Z=38)	50.5 d	-	10 <sup>11</sup>
<sup>91</sup> Sr	9.5 h	-	10 <sup>11</sup>
<sup>90</sup> Y (Z=39)	2.67 d	-	10 <sup>11</sup>
<sup>91</sup> Y	58.5 d	-	10 <sup>11</sup>
<sup>142</sup> Pr (Z=59)	19.1 h	1*10 <sup>7</sup>	~10 <sup>10</sup>
<sup>143</sup> Pr	13.6 d	-	10 <sup>11</sup>
<sup>149</sup> Pm (Z=61)	53.08 h	4.3*10 <sup>5</sup>	10 <sup>10</sup>
<sup>150</sup> Pm	2.68 h	1*10 <sup>5</sup>	~10 <sup>9</sup>
<sup>151</sup> Pm	28.4 h	2*10 <sup>6</sup>	5*10 <sup>9</sup>
<sup>156</sup> Eu (Z=63)	15.2 d	1.3*10 <sup>5</sup>	~ 10 <sup>9</sup>





# ПОЛУЧЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ И ИХ ИССЛЕДОВАНИЕ НА РЕАКТОРЕ ПИК

## МАСС-СЕПАРАТОРНЫЕ ISOL-УСТАНОВКИ НА ПУЧКЕ ПРОТОНОВ

Исследование нейтроно-дефицитных и нейтроно-избыточных ядер вблизи границы стабильности и нейтральной устойчивости с использованием ISOL (Isotope Separator On-Line) систем является одним из фундаментальных направлений исследований физики ядра, а также изучения астрофизических процессов в лабораторных условиях. Кроме того, радионуклидные препараты, получаемые данным методом, широко используются в ядерной медицине для диагностики и лечения различных заболеваний, а также в исследованиях по физике твердого тела.

На базе синхротрона ГИФР действует ISOL-установка ИРИС (Исследования Радионуклидных Изотопов на Синхротроне), работающая "за линией" на пропуском луче синхротрона. На масс-сепараторе ИРИС в течение 35 лет проводится исследование нейтроно-дефицитных и нейтроно-избыточных ядер, удаленных от полосы бета-стабильности. За это время исследовано более 300 ядер, причем, 17 из них были получены и исследованы впервые.



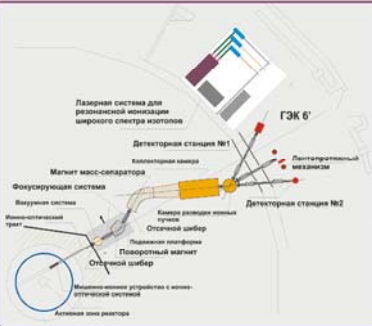
- ИССЛЕДОВАНИЙ ЯДЕР, УДАЛЕННЫХ ОТ ПОЛОСЫ БЕТА-СТАБИЛЬНОСТИ:**
1. Мышьяк-48
  2. Радий-208, антимоний-120, селен-78
  3. Селен-76, телур-78
  4. Альфа-излучение
  5. Длинноживущие ядра
  6. Длинноживущие ядра
  7. Длинноживущие ядра
  8. Астрофизические процессы
- ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБЛАСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА:**
- высокоэнергетическое исследование поглощения нейтронов, выделение радионуклидов из источников для ядерной медицины

В настоящее время в Европе, США и других странах ведется интенсивная работа по проектированию и строительству ISOL-установок нового поколения на базе новых ускорителей частиц (токами до 5-10 А): BRIFOL (Франция), EURISOL (ЦЕРН, Швейцария).

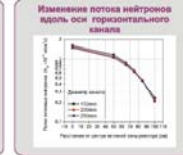
**Для получения наиболее интенсивных пучков радионуклидов очень перспективным является использование высокопоточных реакторов на тепловых нейтронах.**

## ЛАЗЕРНО-ЯДЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ИРИНА НА РЕАКТОРЕ ПИК

Схема расположения элементов лазерно-ядерного комплекса в экспериментальном зале реактора ПИК. Нейтронный канал ГЭК 6-Б'.

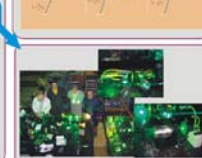
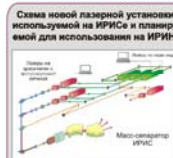


Атомы исследуемого вещества образуются в мишенном канале, образуют тепловые нейтроны и в результате процесса диффузии в диффузии попадают в ионный сибир. Ядро попадает в атомно-оптический тракт. Происходит взаимодействие лазерного фотона с ядром, направленное в атомно-оптический тракт. Происходит взаимодействие с массой ионы попадает в коллекторную камеру. Электроническая система камеры разводит ионы в тракт детекторной станции. В соответствии с темой радионуклиды регистрируются и измеряются радионуклидными приборами: спектрометром альфа-, гамма-, бета-нейтронными детекторами или их комбинацией.



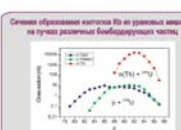
## ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ РЕЗОНАНСНОЙ ФОТОИОНИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ АТОМОВ

Для эффективного исследования ядер, лежащих близко к границе нейтронно-устойчивости, решающим фактором является обеспечение изобраной частоты пучков, то есть селективной ионизации изотопов одного выделенного элемента. Обеспечить селективную ионизацию большого числа элементов может только метод лазерной резонансной ионизации, разработанный и с успехом применяющийся на установке ИРИС. Этот метод селективной лазерной ионизации будет использоваться на установке ИРИНА.



Главное преимущество лазерной резонансной установки – возможность получения химически чистых ионных пучков радионуклидных изотопов, накапливаемых на коллекторах масс-сепаратора.

## ПОЛУЧЕНИЕ НЕЙТРОНОИЗБЫТОЧНЫХ ЯДЕР И МЕДИЦИНСКИХ РАДИОНУКЛИДОВ НА РЕАКТОРЕ ПИК



Сравнение расчетных выходов нейтроноизбыточных изотопов на установке ИРИНА и BRIFOL-2

Изотоп	BRIFOL-2	ИРИНА	ИРИНА 12
<sup>242m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>243m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>244m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>245m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>246m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>247m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>248m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>249m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>250m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>251m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>252m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>253m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>254m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>255m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>256m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>257m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>258m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>259m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>260m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>261m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>262m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>263m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>264m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>265m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>266m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>267m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>268m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>269m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>270m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>271m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>272m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>273m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>274m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>275m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>276m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>277m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>278m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>279m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>280m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>281m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>282m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>283m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>284m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>285m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>286m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>287m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>288m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>289m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>290m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>291m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>292m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>293m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>294m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>295m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>296m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>297m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>298m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>299m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>300m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>301m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>302m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>303m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>304m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>305m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>306m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>307m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>308m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>309m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>310m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>311m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>312m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>313m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>314m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>315m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>316m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>317m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>318m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>319m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>320m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>321m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>322m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>323m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>324m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>325m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>326m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>327m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>328m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>329m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>330m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>331m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>332m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>333m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>334m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>335m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>336m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>337m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>338m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>339m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>340m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>341m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>342m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>343m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>344m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>345m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>346m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>347m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>348m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>349m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>350m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>351m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>352m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>353m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>354m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>355m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>356m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>357m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>358m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>359m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>360m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>361m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>362m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>363m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>364m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>365m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>366m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>367m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>368m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>369m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>370m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>371m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>372m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>373m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>374m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>375m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>376m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>377m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>378m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>379m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>380m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>381m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>382m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>383m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>384m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>385m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>386m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>387m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>388m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>389m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>390m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>391m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>392m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>393m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>394m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>395m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>396m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>397m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>398m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>399m</sup> Am	1.0	1.0	1.0
<sup>400m</sup> Am	1.0	1.0	1.0

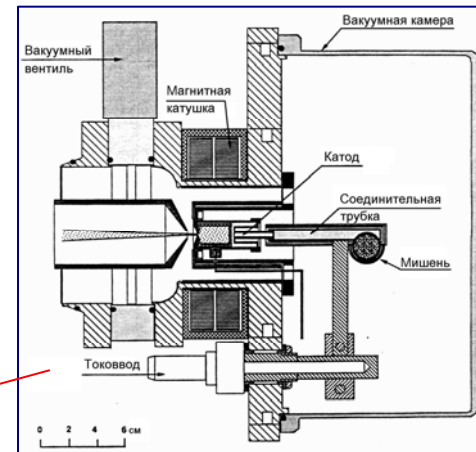
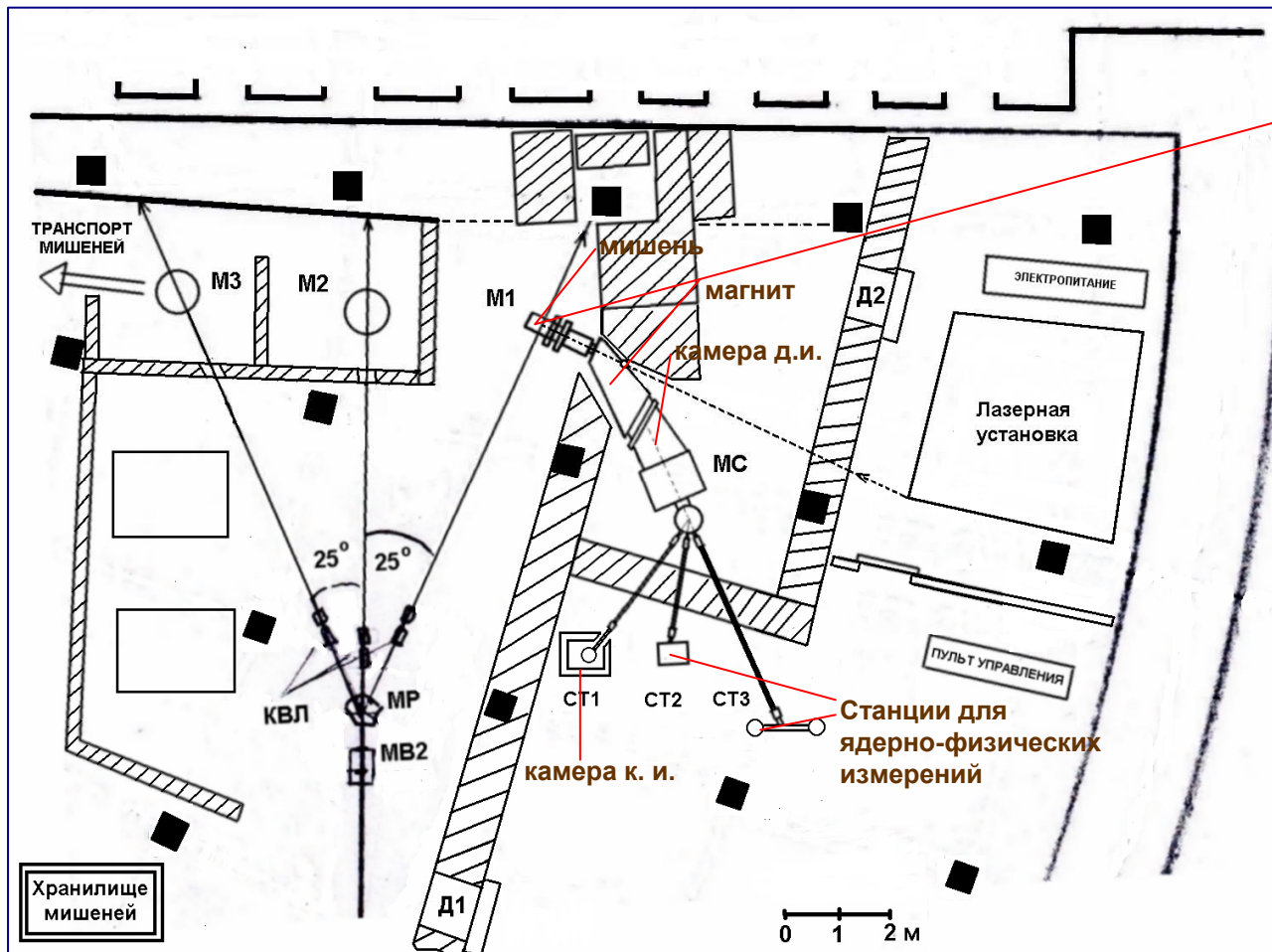
Выходы нейтроноизбыточных радионуклидов

Изотоп	T <sub>1/2</sub>	ИРИС	ИРИНА
<sup>242m</sup> Am	16.02 ч	1.0	1.0
<sup>243m</sup> Am	9.35 ч	1.0	1.0
<sup>244m</sup> Am	2.47 д	1.0	1.0
<sup>245m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>246m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>247m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>248m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>249m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>250m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>251m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>252m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>253m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>254m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>255m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>256m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>257m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>258m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>259m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>260m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>261m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>262m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>263m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>264m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>265m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>266m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>267m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>268m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>269m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>270m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>271m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>272m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>273m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>274m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>275m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>276m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>277m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>278m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>279m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>280m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>281m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>282m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>283m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>284m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>285m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>286m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>287m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>288m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>289m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>290m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>291m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>292m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>293m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>294m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>295m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>296m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>297m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>298m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>299m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0
<sup>300m</sup> Am	15.9 д	1.0	1.0

# **Подготовка проекта РИЦ-80**

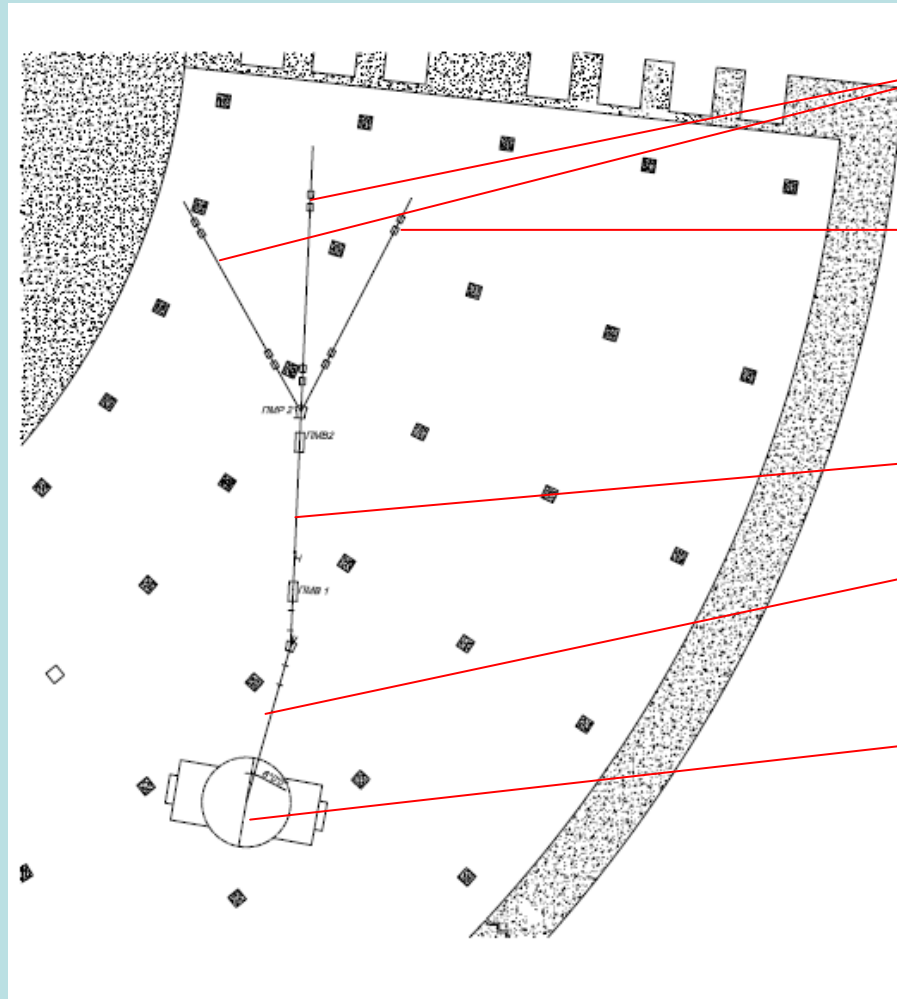


*Использование масс-сепаратора с соответствующими мишенно-ионными устройствами в линию с циклотроном*



**Установка РИЦ-80 с масс-сепаратором**

Подвал экспериментального зала с новой трассировкой пучков на изотопные мишенные станции



Пучки на р/х мишени

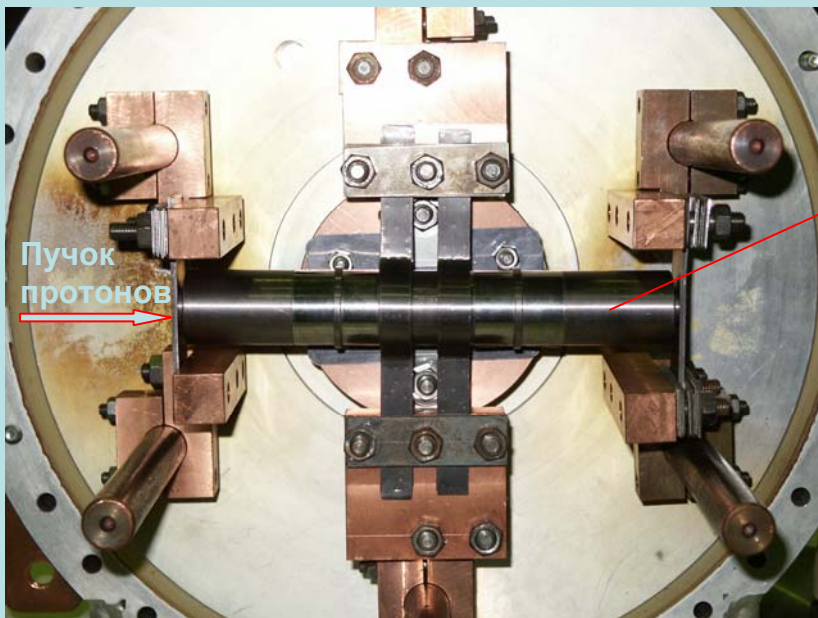
Пучок на м/с мишень

Пучок протонов в подвале экспериментального зала

Пучок в экспериментальном зале

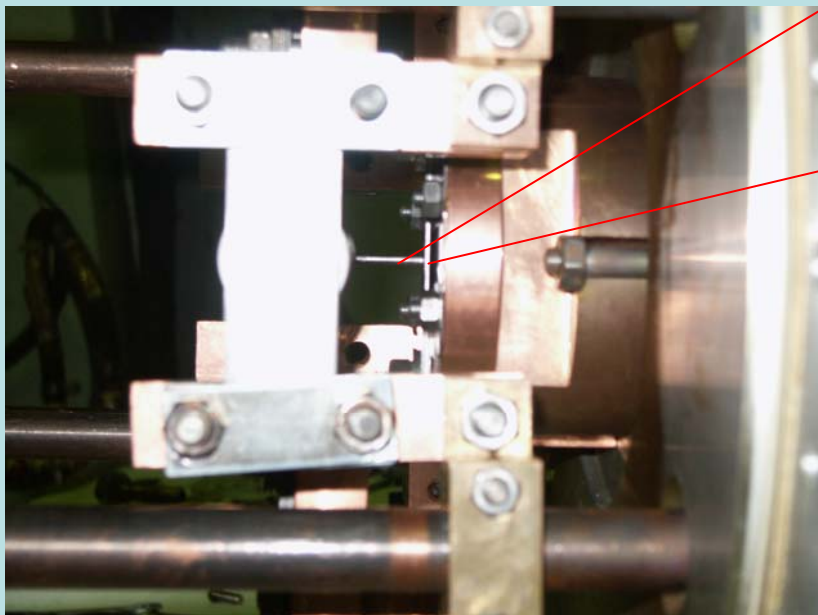
Циклотрон Ц-80 в экспериментальном зале

## Подготовка мишени для получения генераторного изотопа $^{82}\text{Sr}$



Мишень с ниобиевыми фольгами массой 320 граммов облучалась сутки на пучке протонов в главном зале ускорителя

Нагреваемая вольфрамовая трубка, направляющая поток атомов испаряемых из мишени на охлаждаемую подложку



Охлаждаемая танталовая подложка

Мишень установлена на стенд в экспериментальном зале ИРИСа для выделения  $^{82}\text{Sr}$ . Проведено измерение стронция и других изотопов образованных в мишени до их выделения.

## Публикации:

1. T.E. Cocolios, A.N. Andreyev, S. Antalic, A. Barzakh, B. Bastin, J. Büsscher, I.G. Darby, W. Dexters, D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, K.T. Flanagan, S. Franchoo, G. Huber, M. Huysse, M. Keupers, U. Köster, Yu. Kudryavtsev, E. Man'ek, B.A. Marsh, P. Molkanov, R.D. Page, M.D. Seliverstov, A.M. Sjoedin, I. Stefan, J. Van de Walle, P. Van Duppen, M. Venhart, S. Zemlyanoy  
**Structure of  $^{191}\text{Pb}$  from  $\alpha$ - and  $\beta$ -decay spectroscopy** *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **37(2010) 125103.**
2. B.A. Marsh, L.-E Berg, D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, O.J. Launila, M. Lindroos, R. Losito, F.K. Österdahl, T. Pauchard, I. Pohjalainen, U. Sassenberg, M.D. Seliverstov, A.M. Sjödin, G. Tranström.  
**The ISOLDE RILIS pump laser upgrade and the LARIS Laboratory.** *Hyperfine Interactions* (2010) **196:129–141.**
3. J. Dinken, ... D. V. Fedorov, ... V. S. Ivanov, ... M. Seliverstov, ...  
**Coulomb excitation of  $^{73}\text{Ga}$ .** *Phys. Rev. C* **82, 064309 (2010)**

## Конференции:

EURORIB 2010, Lamoura(France), 6-11 June 2010 P. Molkanov, A. Barzakh, D. Fedorov, V. Ivanov, V. Panteleev, Ju.Volkov  
**New laser setup for the selective isotope production and investigation in a laser ion source at the IRIS facility**

EURORIB 2010, Lamoura(France), 6-11 June 2010 A. Barzakh, D. Fedorov, A. Filatova, V. Ivanov, K. Mezilev, F. Moroz, P. Molkanov, V. Panteleev, Ju.Volkov

**Secondary neutrons as the main source of the neutron rich fission residues production after the bombardment of a thick U target by 1 GeV protons: experimental evidences for Cs isotopes**

Научно –технический семинар «Двадцать лет поставок Радиевым институтом радиофармпрепаратов медицинским учреждениям Ленинграда - Санкт-Петербурга» 26-27 октября 2010, РИ им. В.Г. Хлопина, С.-Петербург

В. Н. Пантелеев. **Проект установки РИЦ (Радиоактивные Изотопы на Циклотроне) в ПИЯФ РНИКС – 2010**

XXI Совещание по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированного состояния. Москва, Российский научный центр “Курчатовский институт”, 16-19 ноября 2010 г.

В. Н. Пантелеев

**Проект “on-line” масс-сепаратора ИРИНА (Исследование Радиоактивных Изотопов на Нейтронах) на реакторе ПИК.**