



# Результаты работы ионного источника КРИОН-6Т в 55-м сеансе Нуклотрона

Объединенный институт ядерных исследований  
Лаборатория физики высоких энергий им. Векслера и Балдина  
Группа источников тяжёлых высокозарядных ионов:

А.Ю. Бойцов, С.В. Гудков, И.К. Джакупов, Д.Е. Донец, Е.Д. Донец, Е.Е. Донец,  
Д.О. Понкин, **А.Ю. Рамздорф**, Д.Н. Рассадов, В.В. Сальников, В.Б. Шутов

Алушта-2018

# КРИОН - КРИогенный ИОНизатор

1968г. Метод глубокой ионизации электронным пучком предложен Е.Д. Донцом.

1971г. Создан КРИОН-1 (Первое прикладное применение сверхпроводимости).

1994г. Явление электронной струны открыто на КРИОН-2 при отражательном режиме работы.

2014г. Запущен КРИОН-6Т.

Прототип ионного источника для NICA.

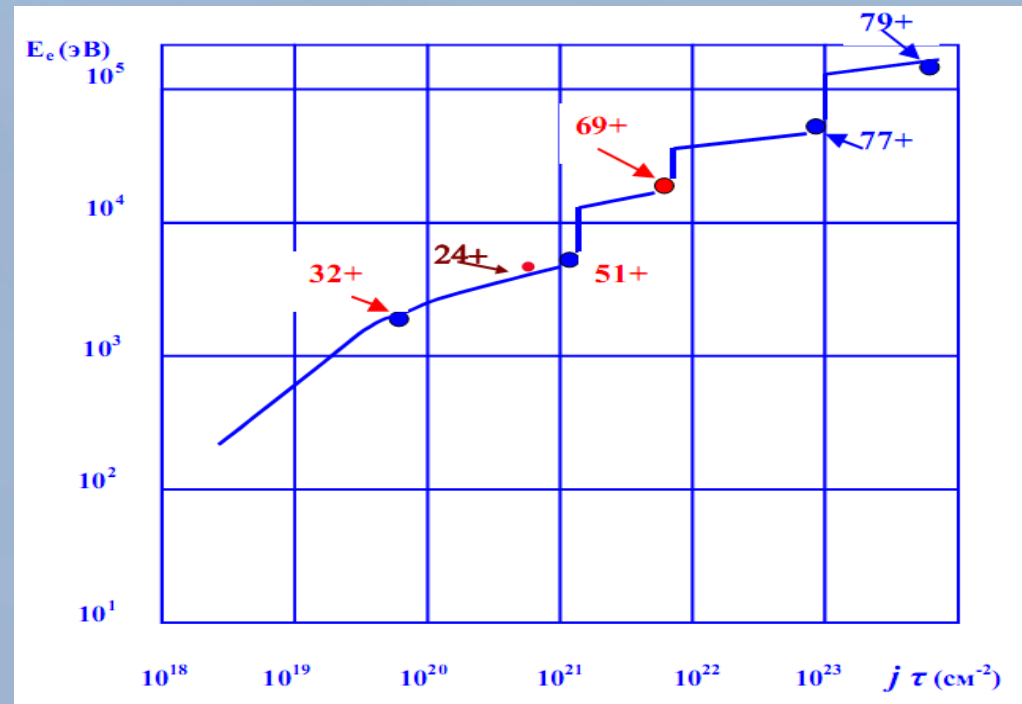


Рис. 1 Зависимость зарядности ионов от  $E_e$  и произведения  $j\tau$

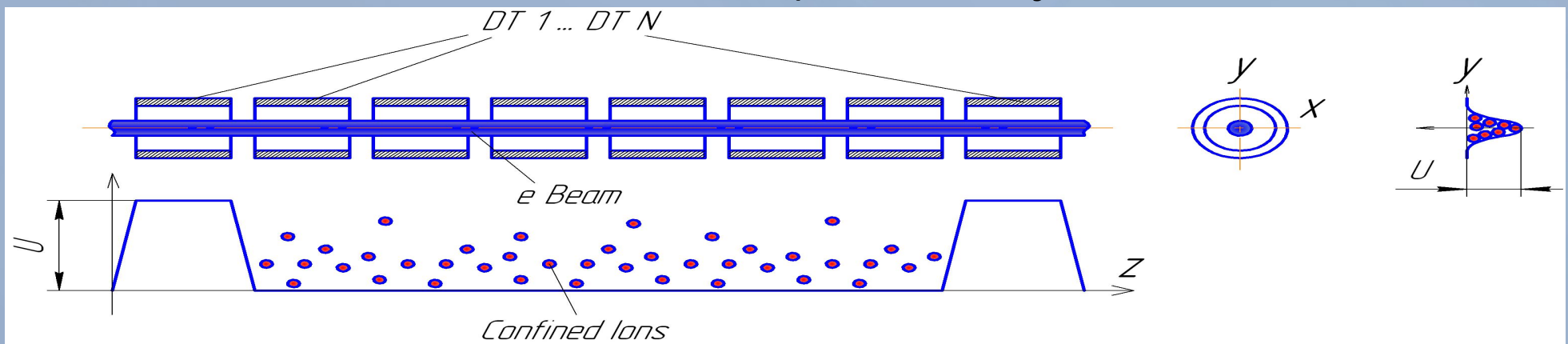


Рис. 2 Устройство ионной ловушки в ионных источниках типа КРИОН



**Рис. 3** Устройство электронной и ионной оптики в ионных источниках типа КРИОН



**Рис. 4** КРИОН-6Т на стенде с TOF для определения зарядового состояния ионов

## Инжекционный комплекс

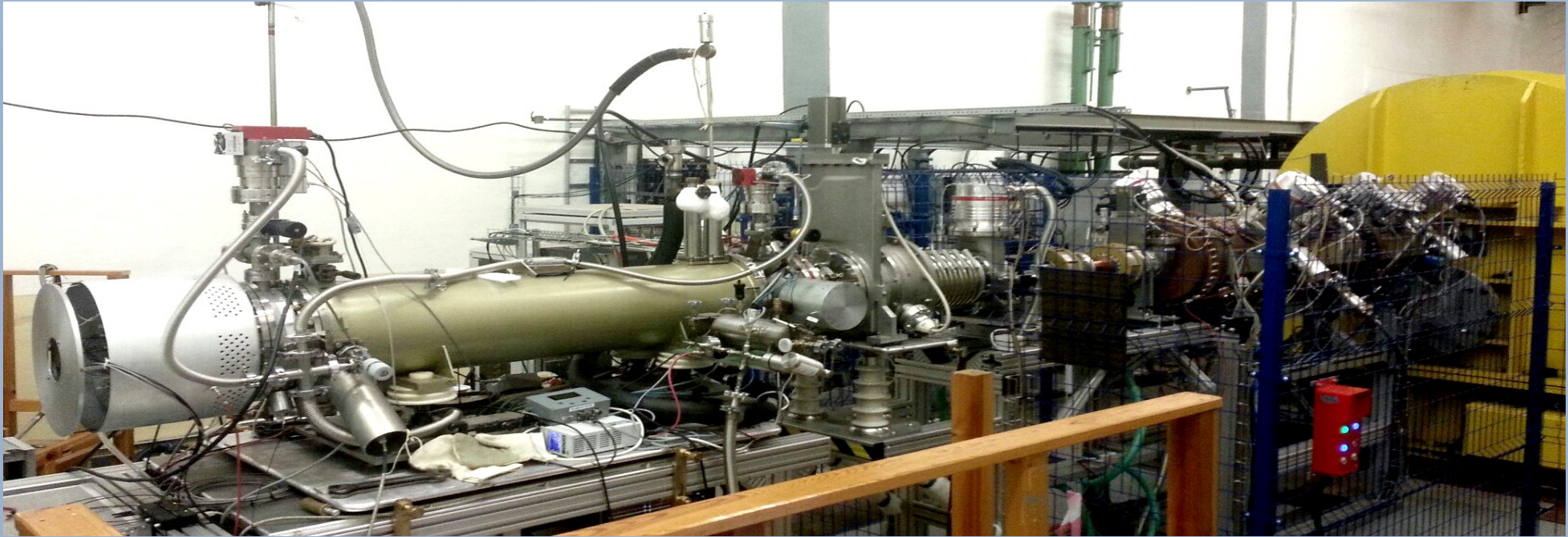


Рис. 5 КРИОН-6Т на высоковольтной платформе инжекционного комплекса

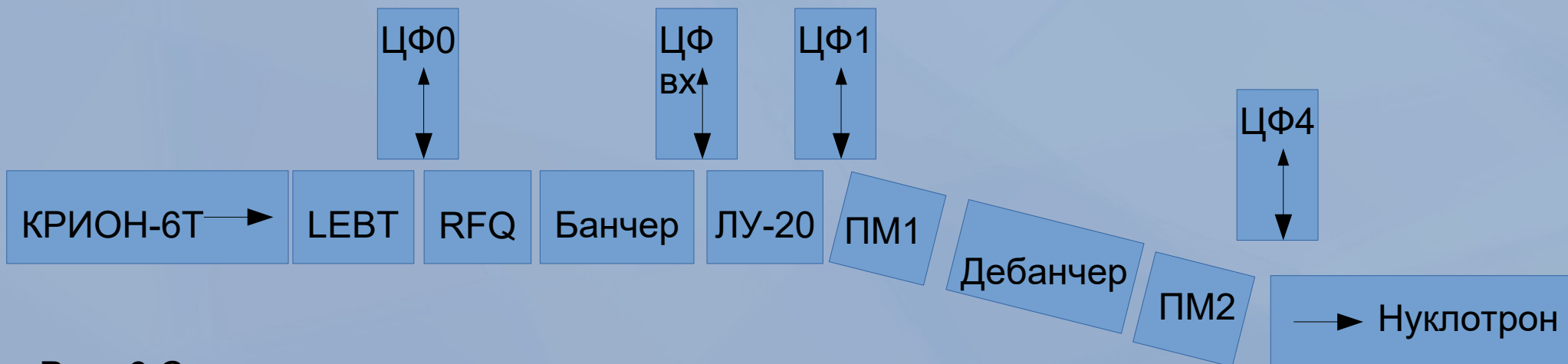


Рис. 6 Схема инжекционного комплекса

# Система управления движением ионов

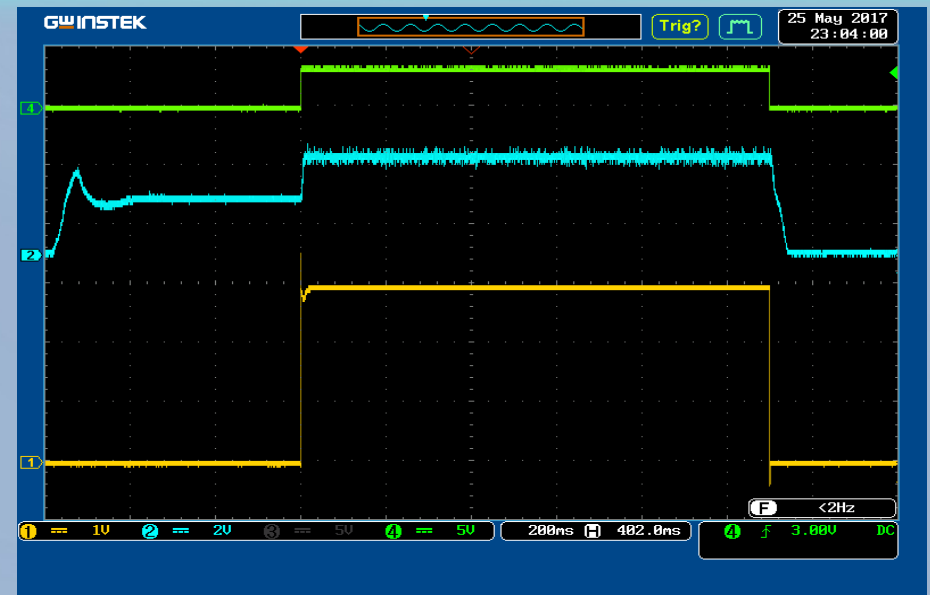
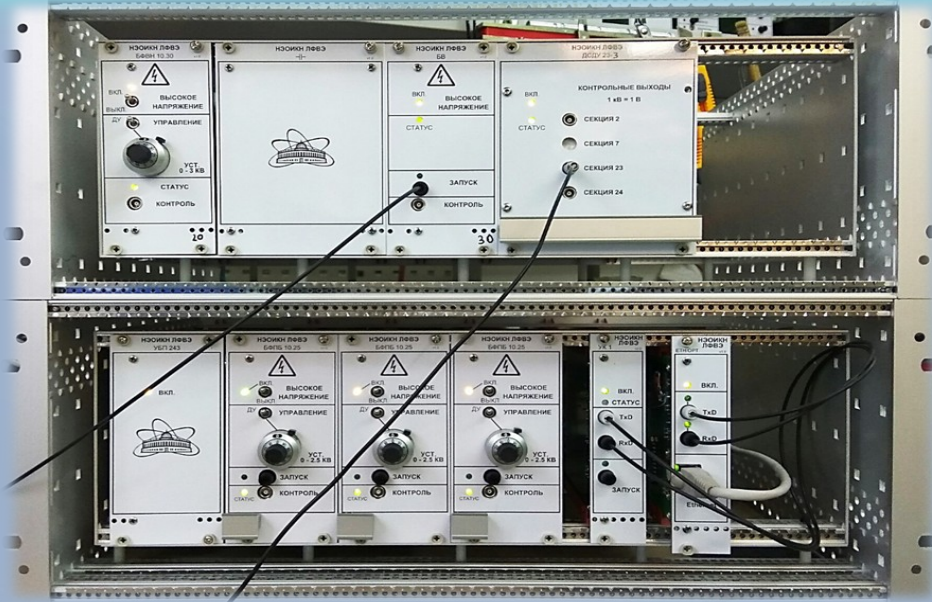


Рис. 7 Система управления движением ионами      Рис. 8 Высокая стабильность напряжения

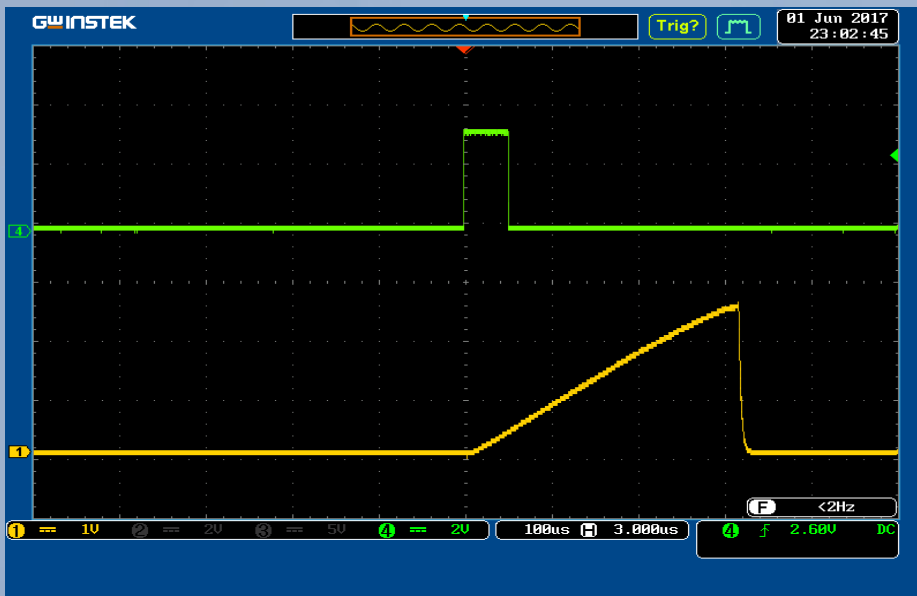


Рис. 9 Импульс медленного вывода

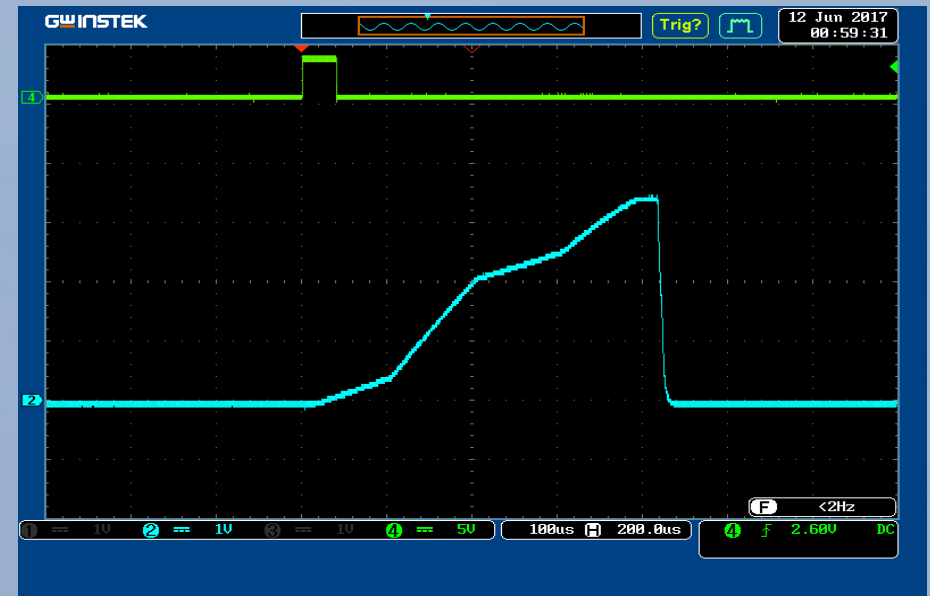


Рис. 10 Импульс сложной формы

# $C^{6+}$ 4/60 мс (1,8-1,0-0,17-0,13 нКл)

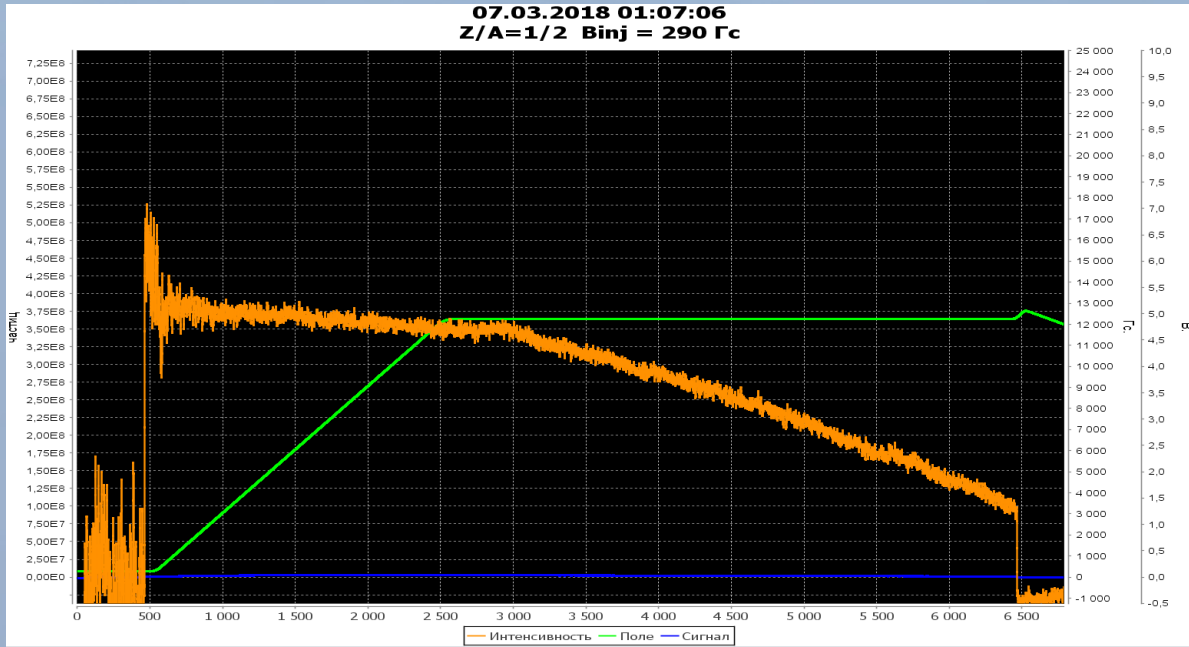


Рис. 11 Интенсивность циркулирующего пучка  $3,5E8$

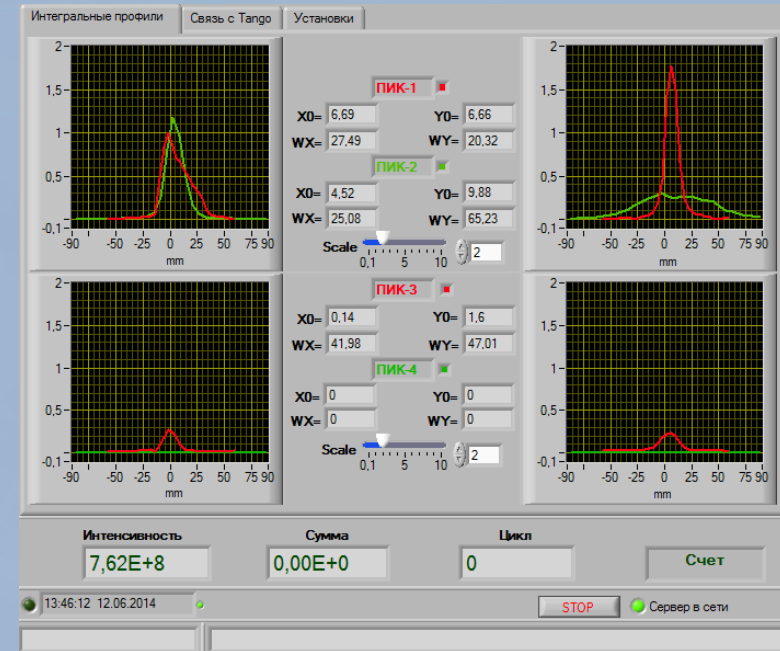


Рис. 12 Профили и интенсивность выведенного пучка  $7,62E8$

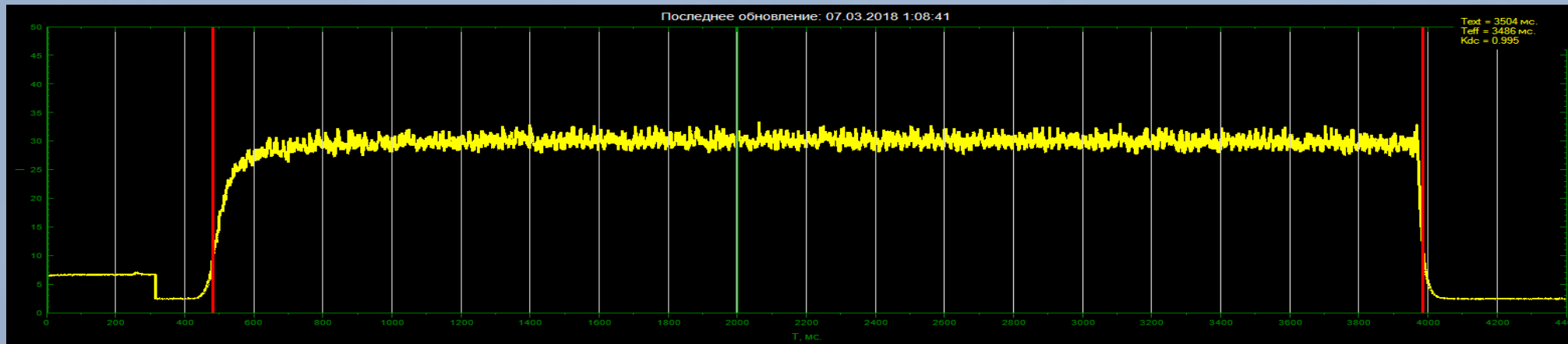


Рис. 13 Растяжка выведенного пучка на 10с,  $1,5E8$

$Ar^{16+} 2,35 \times 10^7$

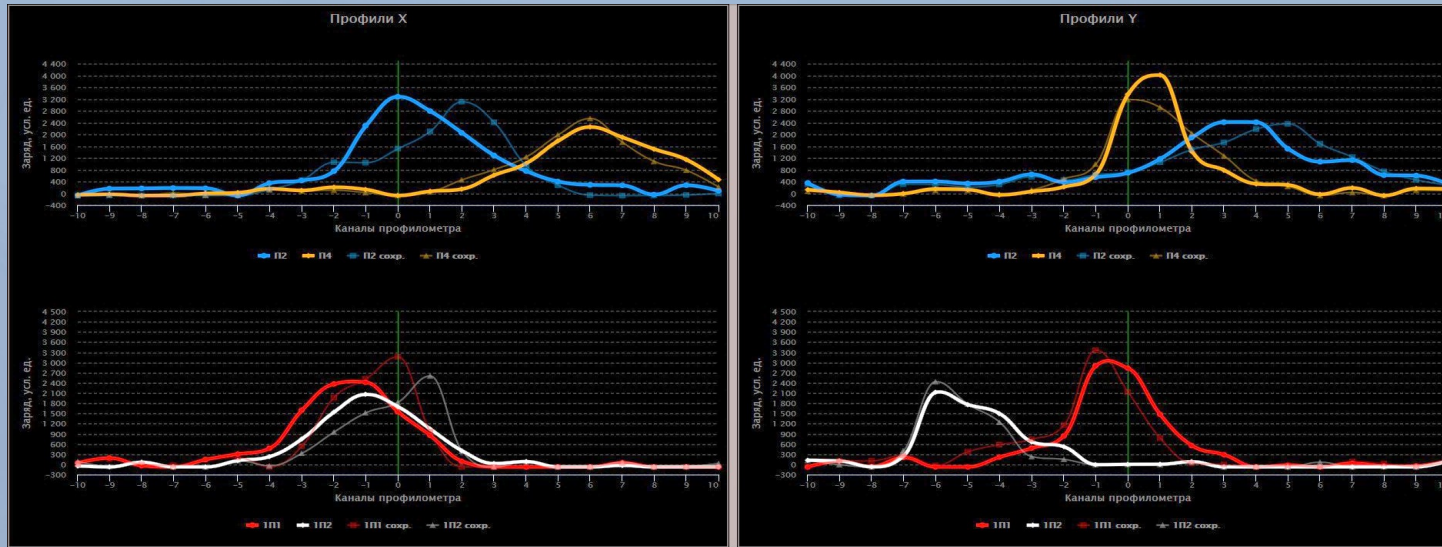


Рис. 14 Профили инъекции

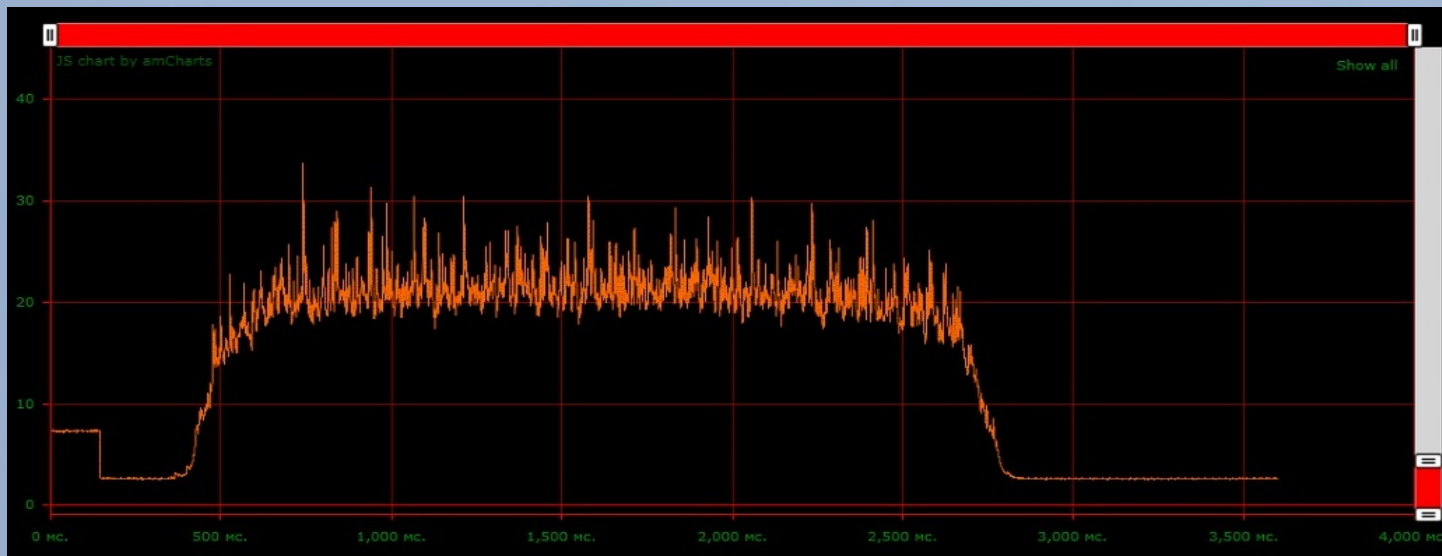


Рис. 15 Растяжка выведенного пучка на 2 с

$^{78}\text{Kr}^{26+}$  6,5/75 мс  $1 \times 10^7$

T, мс	Q+, нКл	T, мс	Q+, нКл
2	1,0	10	2,6
4	1,08	20	2,4
6	1,16	30	2,24
8	1,26	40	2,1
10	1,42	50	1,95
12	1,60	60	1,84

$\text{H}^+$

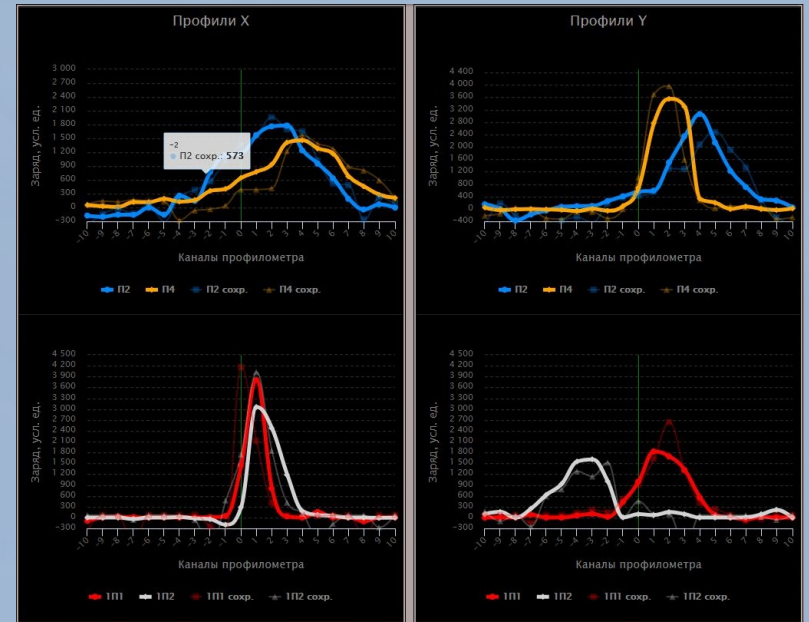


Рис. 16 Профили инъекции

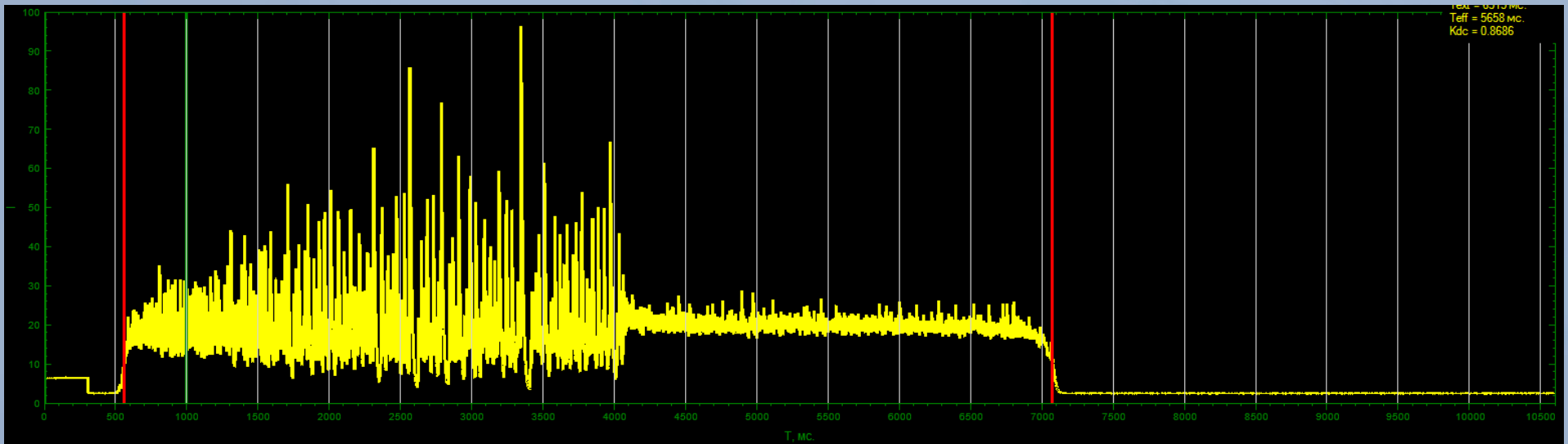


Рис. 17 Растяжка выведенного пучка на 6,5 с. Эффект от включения RF шума.



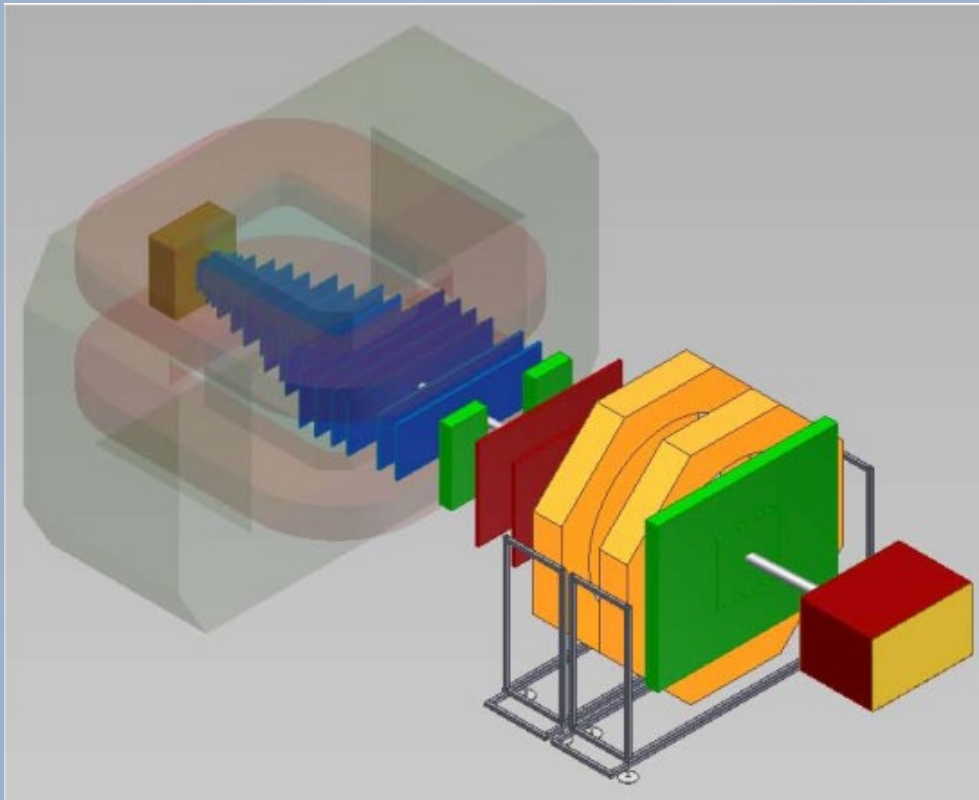


Рис. 18 Потребитель пучка - BM@N

На пучке **Ar** с энергией **3,2** ГэВ/нуклон:

Cu 32,29 млн. событий  
 Al 35,88 млн. событий  
 Sn 30,75 млн. событий  
 Pb 14,28 млн. событий  
 C 12,12 млн. событий

На пучке **Kr** с энергией **2,3** ГэВ/нуклон:

Cu 1,28 млн. событий  
 Al 2,14 млн. событий  
 Sn 1,08 млн. событий

На пучке **Kr** с энергией **3,2** ГэВ/нуклон:

Cu 14,43 млн. событий  
 Al 13,27 млн. событий  
 Sn 13,66 млн. событий  
 Pb 3,48 млн. событий

На пучке **Kr** с энергией **2,94** ГэВ/нуклон:

Cu 2,37 млн. событий

результаты обрабатываются

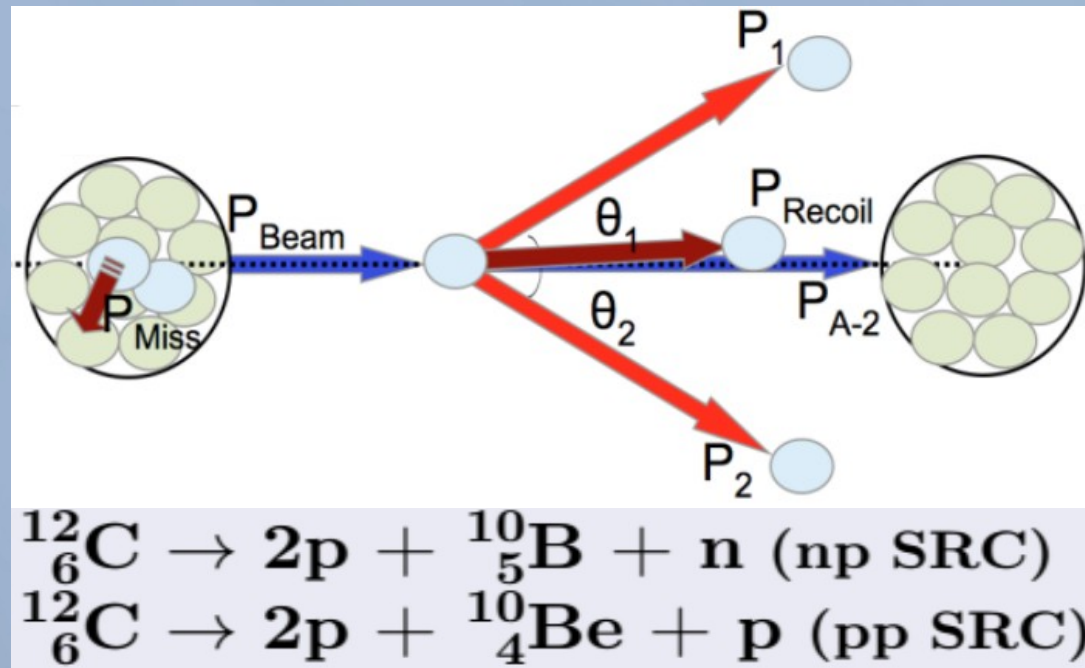


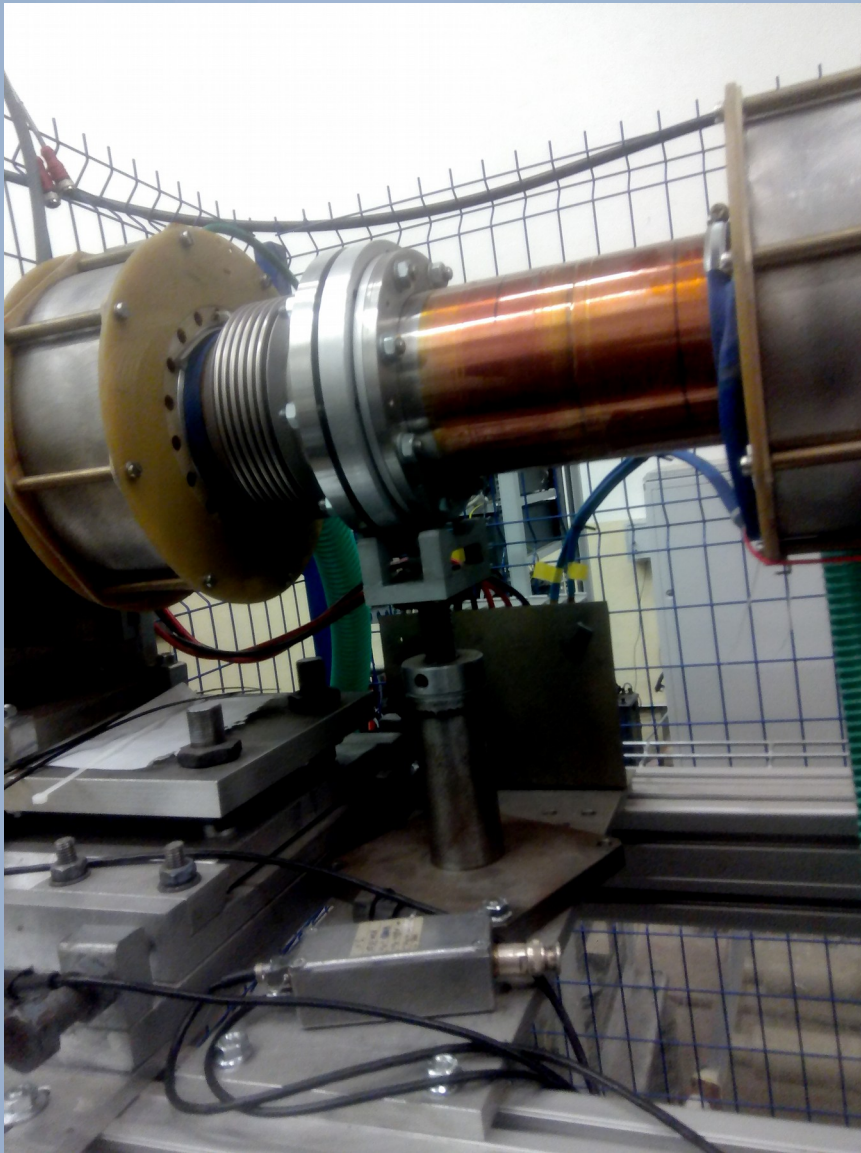
Рис. 18 Потребитель пучка - SRC-BM@N

На пучке **C** с энергией **3,17** ГэВ/нуклон:

$\text{H}_2$  13,05 млн. событий

результаты обрабатываются

Облучение образцов ионами  $^{124}\text{Xe}^{41+}$  6,5/150 мс  
(1,0-0,8-0,08-0,07 нКл)



Ионами облучены образцы:

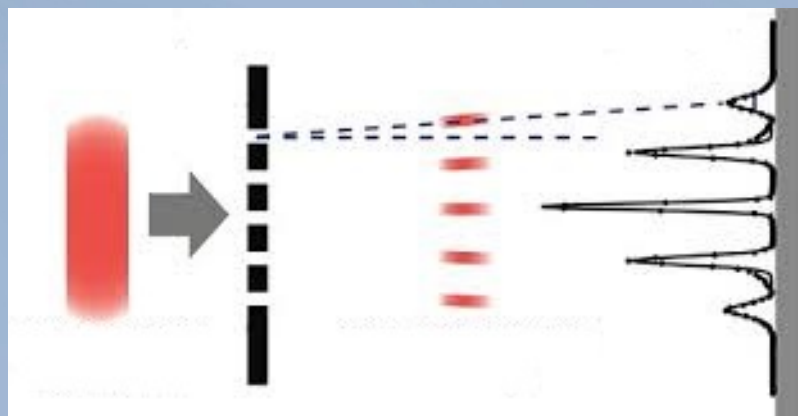
- |            |          |                            |      |
|------------|----------|----------------------------|------|
| 1. SiC + W | 0,16 нКл | $10^{12}$ ионов            |      |
| 2.         | 0,35 нКл | $6,2 \times 10^{11}$ ионов | 15 ч |
| 3. C + W   | 0,33 нКл | $8 \times 10^{11}$ ионов   |      |

Для улучшения прохождения на платформу подано 10 кВ

- |          |         |                 |  |
|----------|---------|-----------------|--|
| 4. C + W | 1,4 нКл | $10^{12}$ ионов |  |
|----------|---------|-----------------|--|

Рис. 19 Место установки системы облучения образцов

## Измерение эмиттанса пучков $\text{Ar}^{16+}$ и $^{124}\text{Xe}^{41+}$ (ИТЭФ)



**Рис. 20** Метод «pepper-pot» измерения эмиттанса



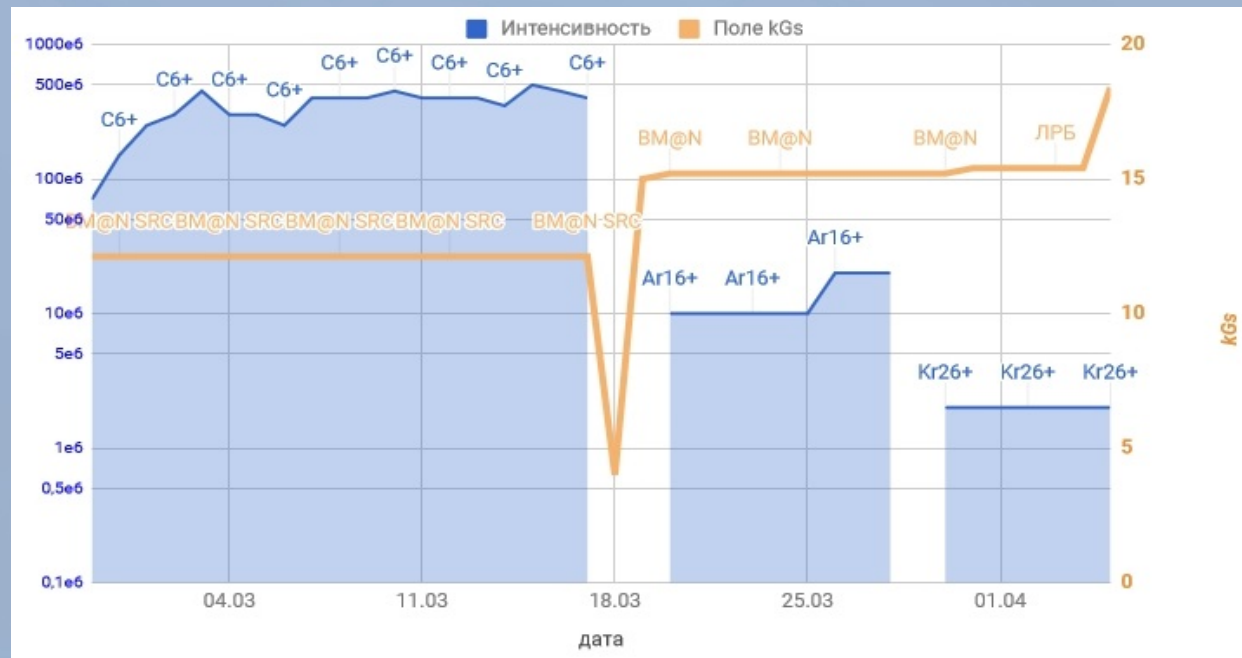
**Рис. 21** Пример изображения



**Рис. 22** Пример изображения

## Заключение:

- Во время подготовки к сеансу №55 и во время него было установлено и испытано новое оборудование, призванное сделать более надёжной работу ионных источников типа КРИОН при непрерывной работе для коллайдера NICA:
  - система управления движения ионов с полностью дистанционным управлением
  - система аварийного выключения/блокировки и оповещения дежурного
  - система защиты от бросков давления в линии обратного потока гелия
  - промежуточная ступень вакуумной откачки для увеличения компрессии по  $H_2$
- На ускорительном комплексе проведены:
  - настройка инжекционного комплекса на работу с тяжелыми ионами
  - применение RF шума для улучшения качества выведенного пучка
  - эксперименты по стохастическому охлаждению
- Предоставлен пучок пользователям:
  - BM@N
  - SRC-BM@N
  - ЛРБ



Thank you for your attention

