



# РАЗРАБОТКА ИОНИЗАЦИОННЫХ КАМЕР ДЛЯ МОНИТОРИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНЫХ ПУЧКОВ ТЯЖЕЛЫХ ИОННОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Ю.Н. Касумов<sup>1</sup>, Н.Е. Пухаева<sup>1,2</sup>, А.В. Березов<sup>1</sup>, В.О. Сабуров<sup>3</sup>, Е.И. Казаков<sup>3</sup>,  
Д.А. Джабиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Северо-Осетинский государственный университет, Владикавказ, Россия

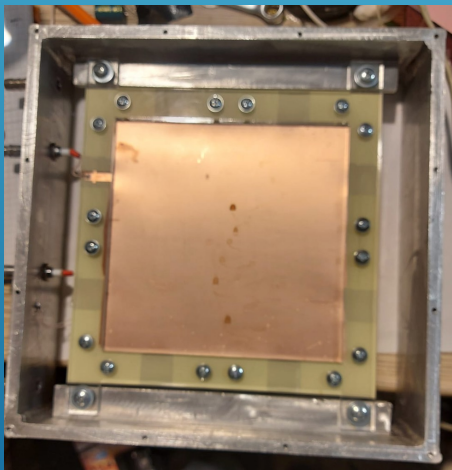
<sup>2</sup>Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

<sup>3</sup>Медицинский радиологический научный центр имени А.Ф. Цыба, Обнинск, Россия

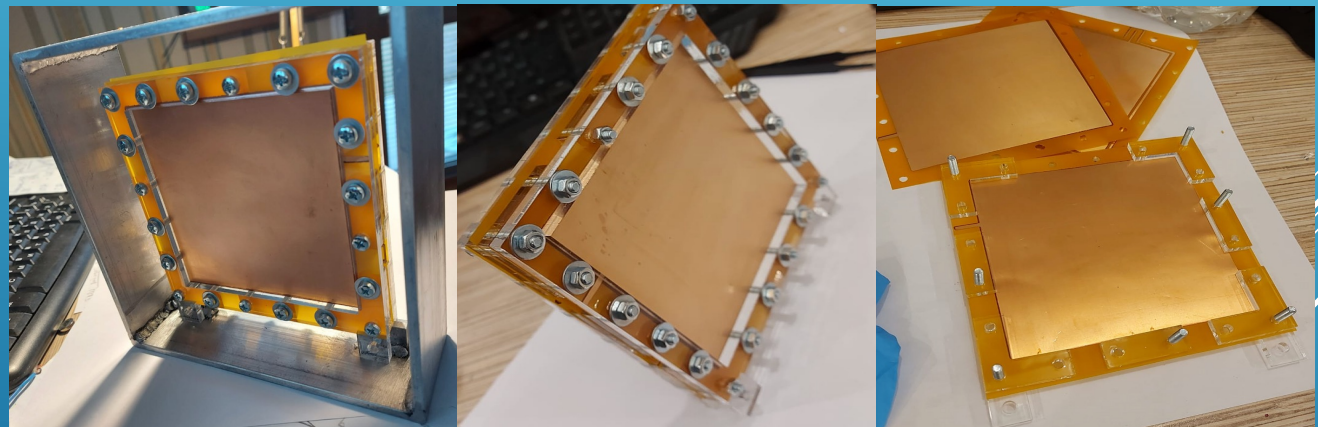
Научно-методический семинар ЛФВЭ  
19.12.2024, Дубна

- ❑ Для биологических исследований определенный интерес представляют данные из Технического отчета МАГАТЭ (TRS-277)
- ❑ В нем рекомендуется использовать метод определения поглощенной дозы в воде при дистанционной лучевой терапии с помощью ионизационной камеры.
- ❑ Другие международные рекомендации по дозиметрии в области лучевой терапии, озаглавленные «Применение плоскопараллельных ионизационных камер в пучках фотонов и электронов высоких энергий» (МАГАТЭ, содержатся в Технический отчете TRS – 381.
- ❑ Дальнейшее развитие данной тематики отражено в Техническом отчете TRS 398, в области систематизации и в единообразном международном подходе к калибровке ионизационных камер в единицах поглощенной дозы в воде и в использовании этих детекторов в пучках излучений, используемых в лучевой терапии.

- ❑ Разработаны и созданы ионизационных две камеры ИК-1 и ИК-2 для прикладных исследований на комплексе NICA.
- ❑ Камера ИК-1 с активной областью размером 160x160 мм, электроды изготовлены из фольгированного стеклотекстолита толщиной 140 мкм.
- ❑ Камера ИК-2 имеет активную область 100x100 мм, электроды изготовлены из фольгированного полиимида толщиной 110 мкм.



Камера ИК-1



Камера ИК-2

Для уменьшения токов утечки в плоскости собирающего электрода сформировано заземленное охранное кольцо, предотвращающее попадание токов утечки на собирающий электрод.

Оплетки кабелей объединены и припаяны к охранному кольцу для минимизации числа контуров заземления.



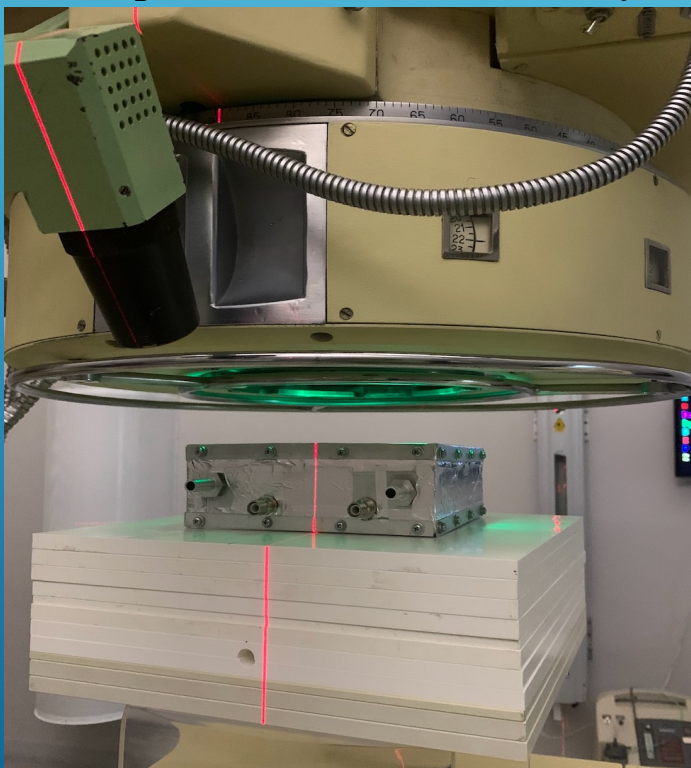
Схема камеры



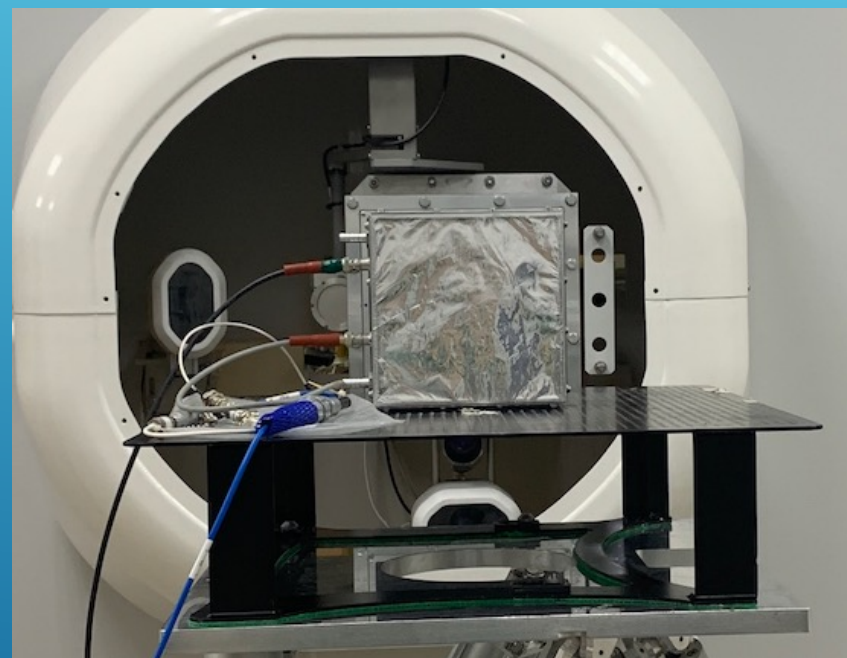
## ТЕСТОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИОНИЗАЦИОННЫХ КАМЕР

### Тестирование на гамма источнике

Предварительные тестовые испытания ионизационных камер были проведены с использованием гамма источника  $^{60}\text{Co}$  и ускоренного пучка протонов. В качестве газовой среды использовался воздух.

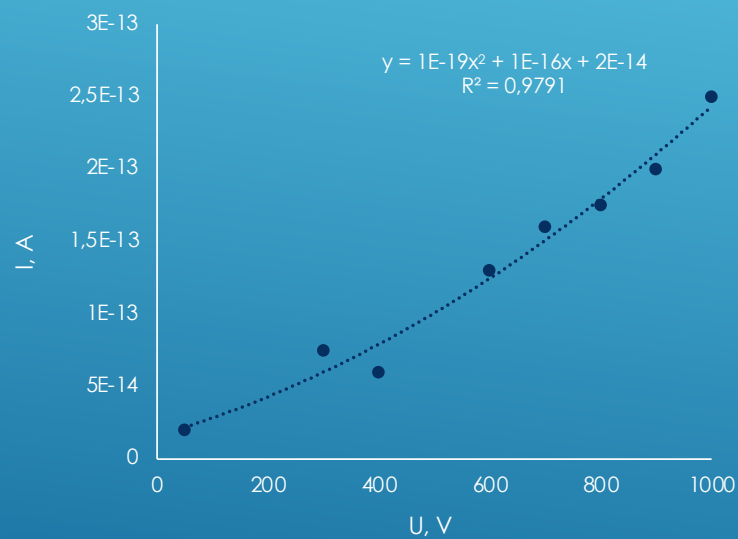


Гамма-терапевтический аппарат «Рокус-АМ»  
(АО «Равенство», Санк-Петербург)

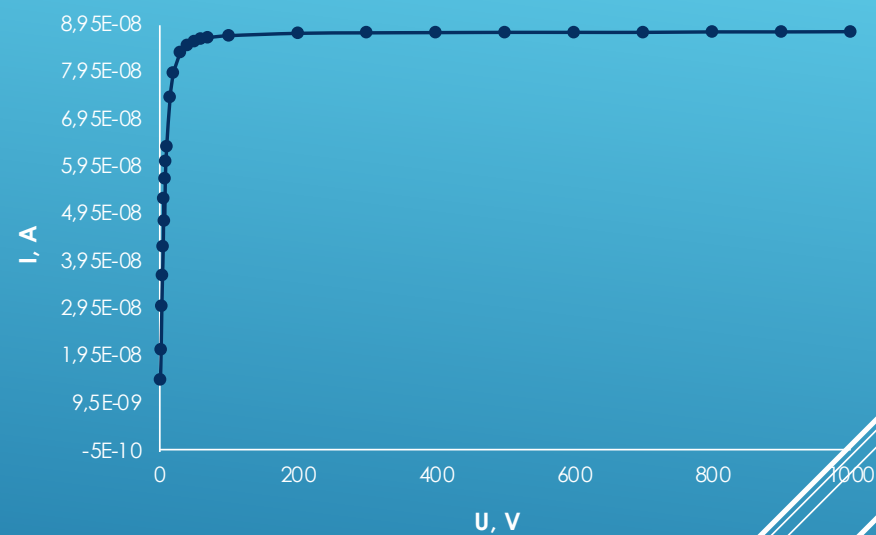


Общий вид эксперимента на КИТ «Прометеус»

Измерения производились с помощью прибора Keysight B2987В имеющего встроенный источник напряжения до 1000 В



Токи утечки камеры ИК-2 для диапазона напряжений от 0 до 1000 В

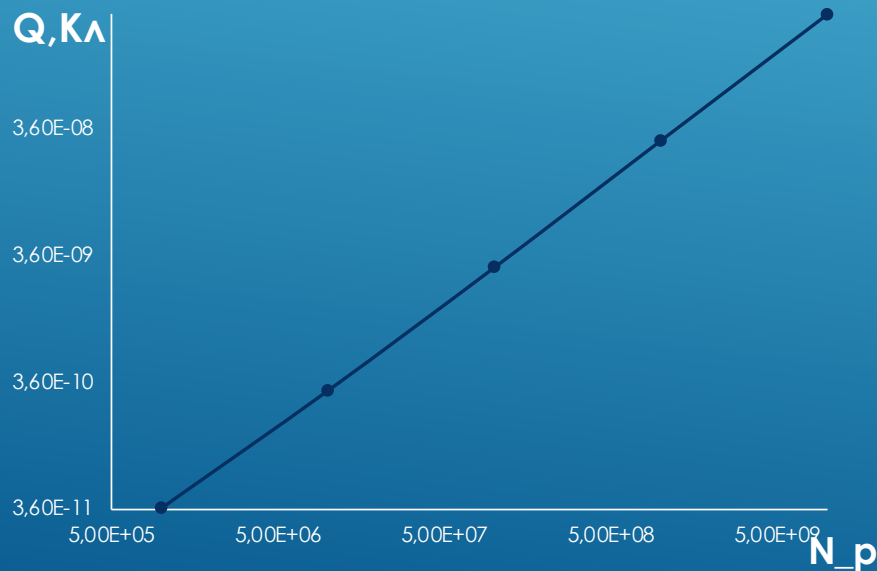


ВАХ камеры при облучении ее гамма-квантами. ВАХ имеет хорошо выраженное плато.

## Тестирование на протонном пучке

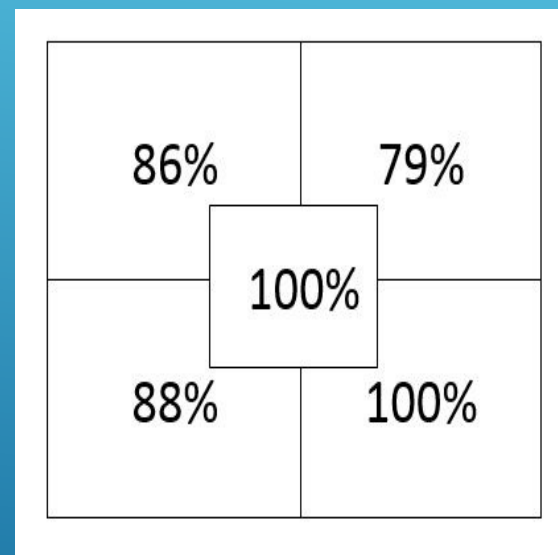
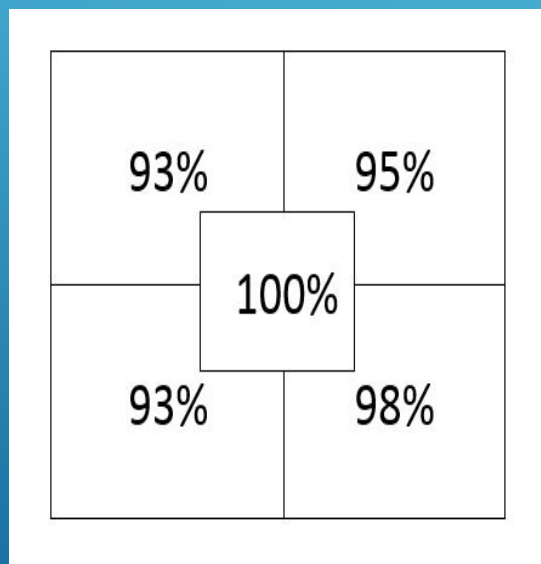
выбрано рабочее напряжение 700 В (соответствующее наиболее плоской части плато вольтамперной характеристики камеры).

Испытание камер на протонном пучке проводилось при энергии протонов 150 МэВ на ускорителе «Прометеус» (АО «Протом», Протвино, см. Рис. 4) в диапазоне интенсивностей от  $10^6$  до  $10^9$  протонов/цикл. Размеры пучка -  $\sigma_x = 3,0$  мм,  $\sigma_y = 3,3$  мм. Длительность импульсов - 200 мс, частота - 1,8 с. Интегральный поток  $10^{10}$  частиц набирался в течении почти 20 с (10-11 сбросов по  $\sim 10^9$  частиц в каждом).



Данная зависимость была получена путем измерения собираемого камерой заряда при изменении интенсивности пучка в 10 раз, (соответственно ожидается в 10 раз изменение величины регистрируемого заряда).

Обе камеры показали практически одинаковые характеристики при облучении протонами, отличия проявились при измерении неравномерности чувствительности камеры по краям по сравнению с центром.



Неоднородность камеры ИК-2 (слева) и ИК-1 (справа).



## Заключение

- ❑ Представлены разработанные и созданные две плоскопараллельные ионизационные камеры ИК-1 и ИК-2 для станции облучения LTS ARIADNA.
- ❑ Тестовые испытания камер на гамма источнике  $^{60}\text{Co}$  и протонном пучке с энергией 150 МэВ на ускорителе «Прометеус» в МРНЦ (Обнинск) показали наличие плато шириной свыше 500В.



Спасибо за внимание !

