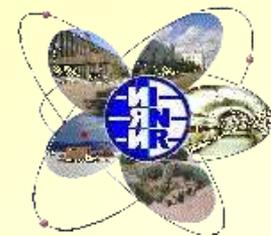


**Институт ядерных исследований РАН,
Москва, Россия**



**W-Be источник нейтронов ИН-ЛУЭ
(ИЯИ, Питомник)**

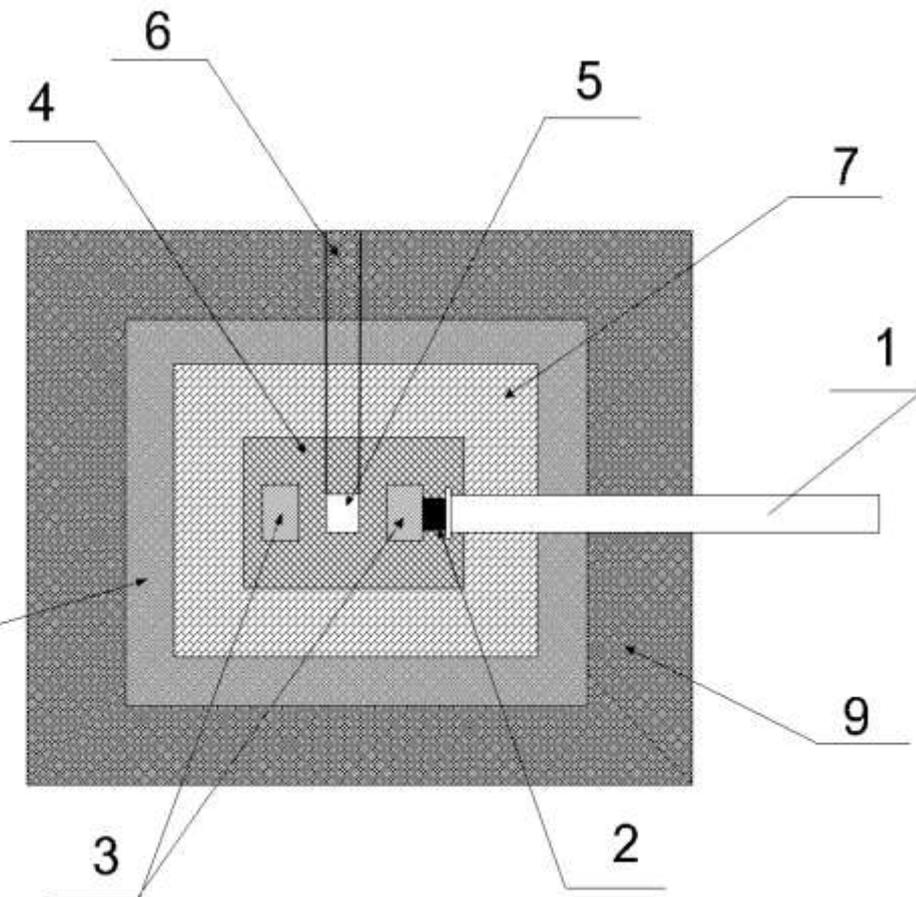
Участники работы – ЛАЯ, ЛФЯР, ЛНИ

ЛАЯ – А.В.Андреев, Ю.М.Бурмистров, С.В.Зуев,
Е.С.Конобеевский, М.В.Мордовской, С.Л.Сабинин,
В.В.Тишин, С.И.Поташев

ЛФЯР – А.М.Громов, В.Н.Пономарев, Г.В.Солодухов

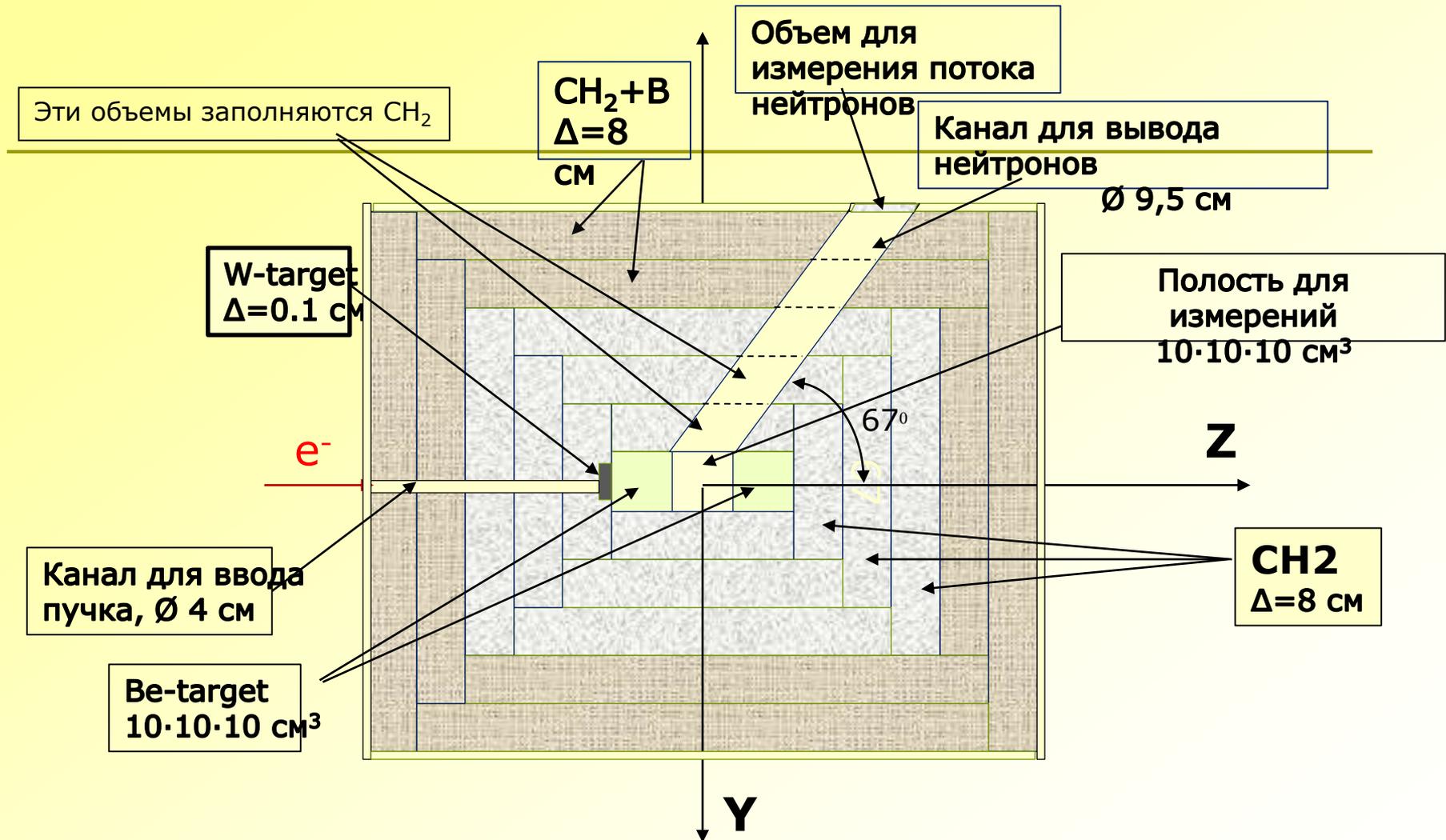
ЛНИ – Л.Н.Латышева, Н.М.Соболевский

Принципиальная схема фотонейтронного источника нейтронов



- 1 – пучок электронов ЛУЭ-8
- 2 – вольфрамовая тормозная мишень (e-γ конвертер)
- 3 – фотонейтронная мишень из Be
- 4 – блок-замедлитель быстрых нейтронов из полиэтилена
- 5 – полость внутри камеры для облучаемых образцов
- 6 – входное отверстие для размещения облучаемых образцов
- 7 – конвертер-отражатель из свинца
- 8 – слой защиты от нейтронного и гамма-излучения из висмута
- 9 – слой нейтронной защиты из борированного полиэтилена

Источник нейтронов (вид сверху)



Расчет W-тормозной мишени для пучка 8-МэВ электронов (MCNP5)

W - Конвертер

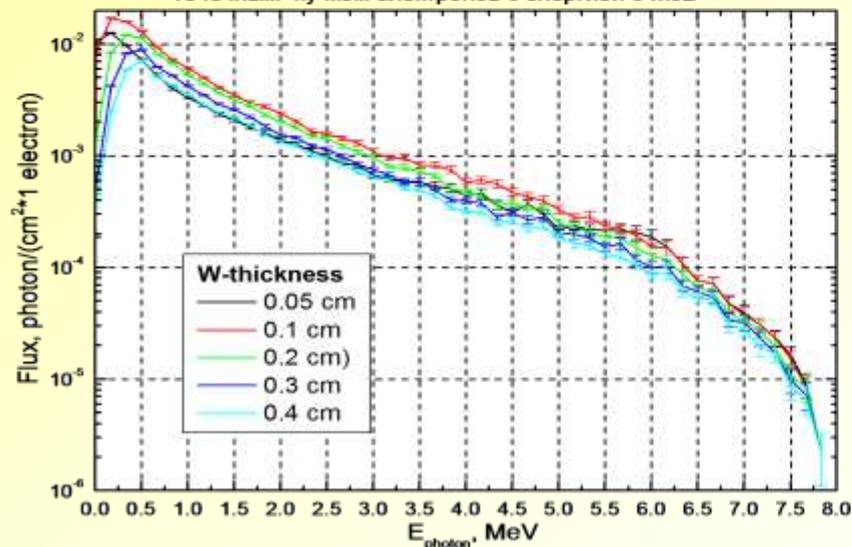
Пластинка вольфрама

толщиной 0.5 - 4 мм.

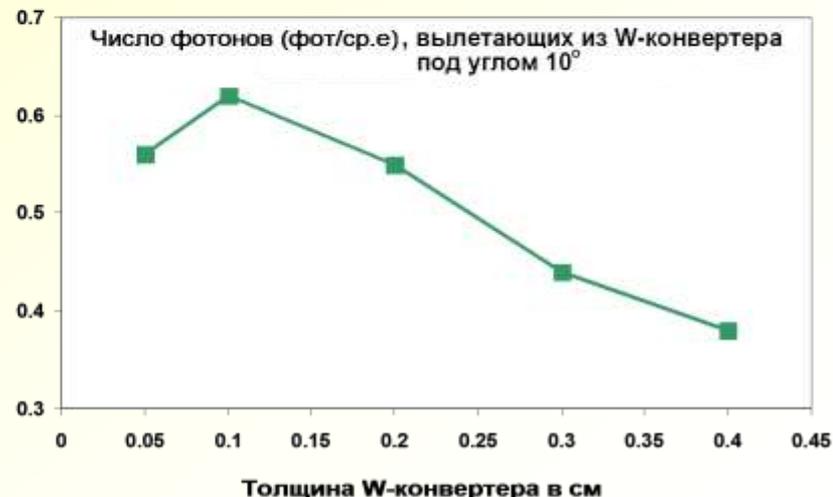
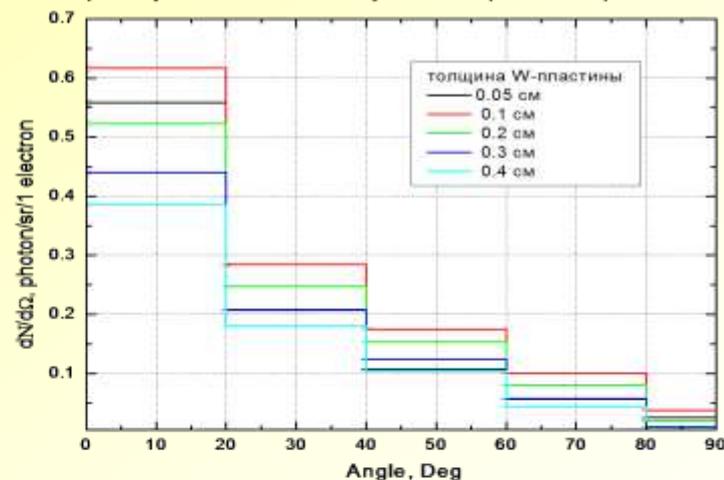
Точечный пучок электронов

$E = 8$ МэВ.

Энергетическое распределение потока гамма-квантов, вылетающих из вольфрамовых пластин толщиной 0.05 - 0.4 см, при облучении их точечным пучком электронов с энергией 8 МэВ

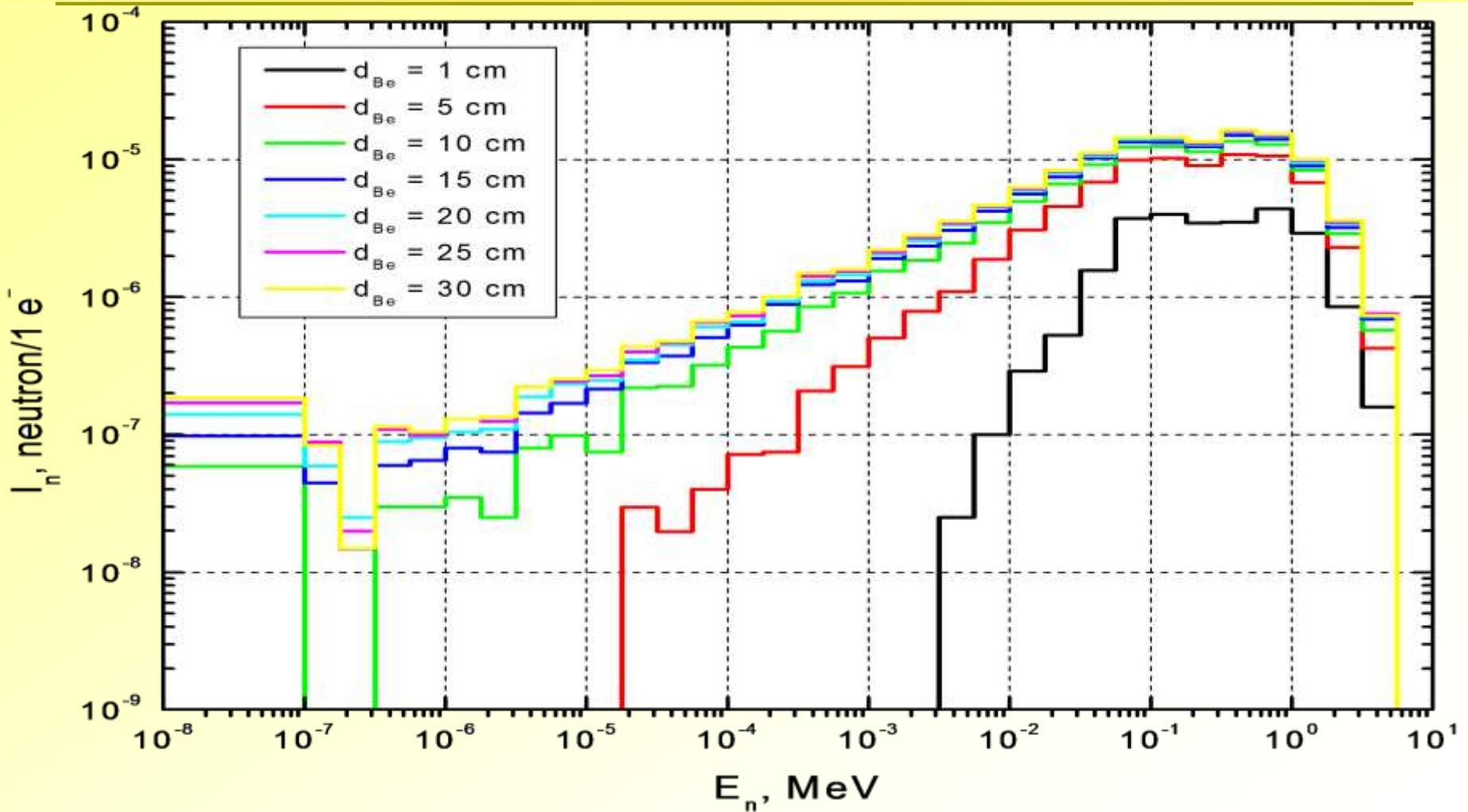


Угловое распределение фотонов, вылетевших из W-пластины при облучении ее точечным пучком электронов с энергией 8 МэВ

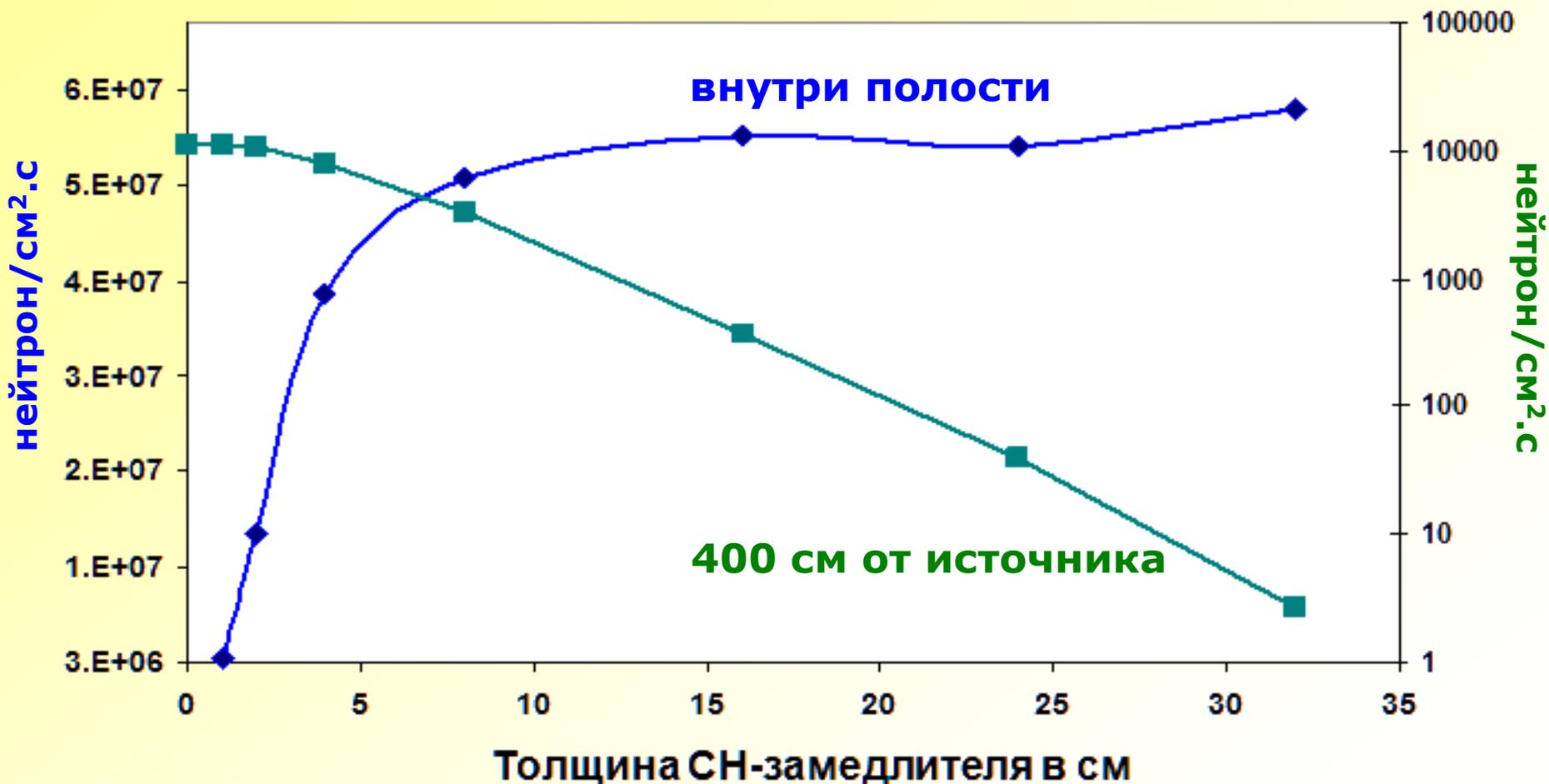


Расчет Ве фотонейтронной мишени

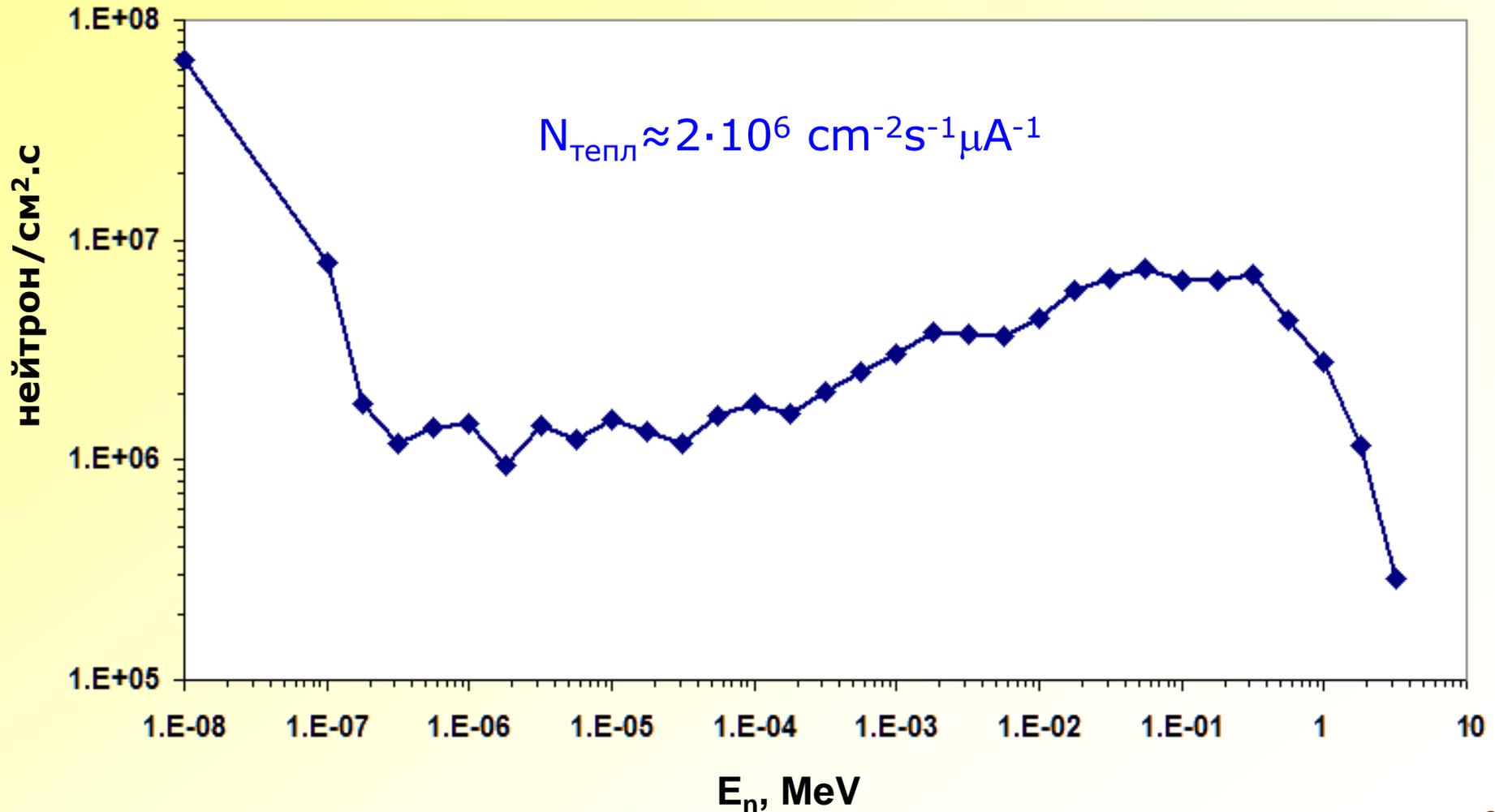
Энергетический спектр нейтронов из Ве мишени



Зависимость плотности потока нейтронов внутри камеры и на расстоянии 400 см от источника при облучении 30 мкА пучком 8 МэВ электронов



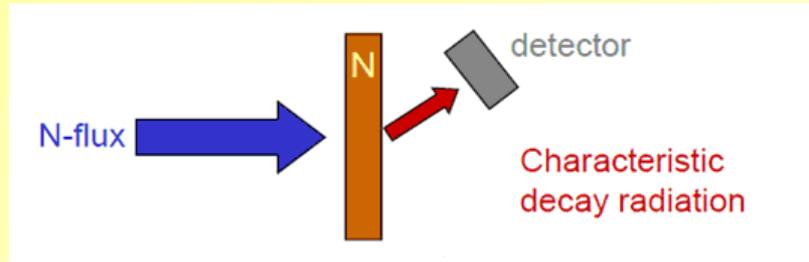
Спектральный состав плотности потока нейтронов внутри полости камеры при облучении 30 мкА пучком 8 МэВ электронов



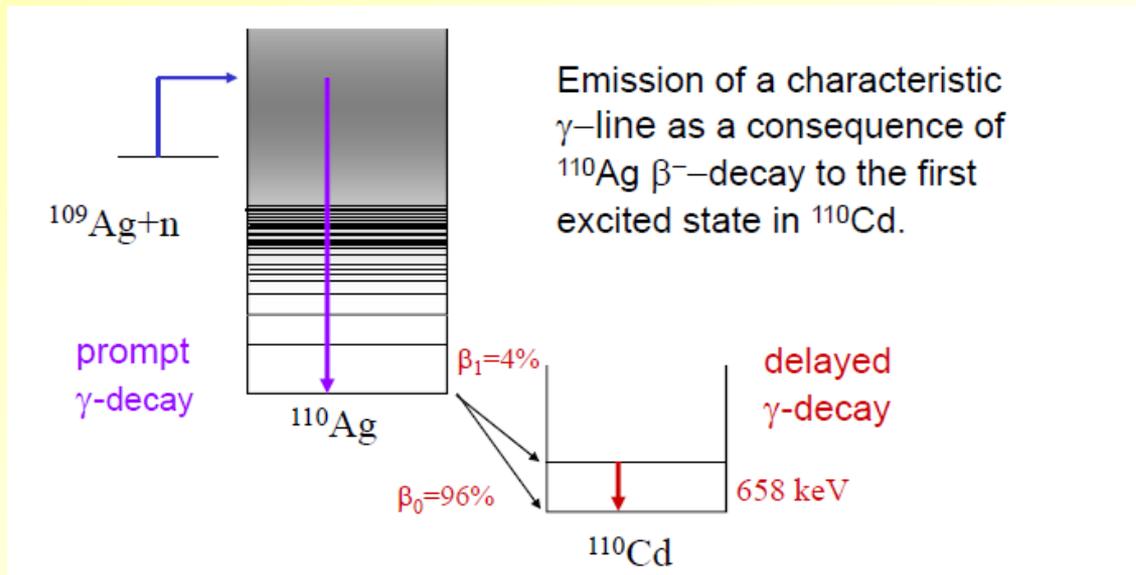
Установка фотонейтронного источника на пучке электронов ускорителя ЛУЭ-8-5



Neutron activation analysis



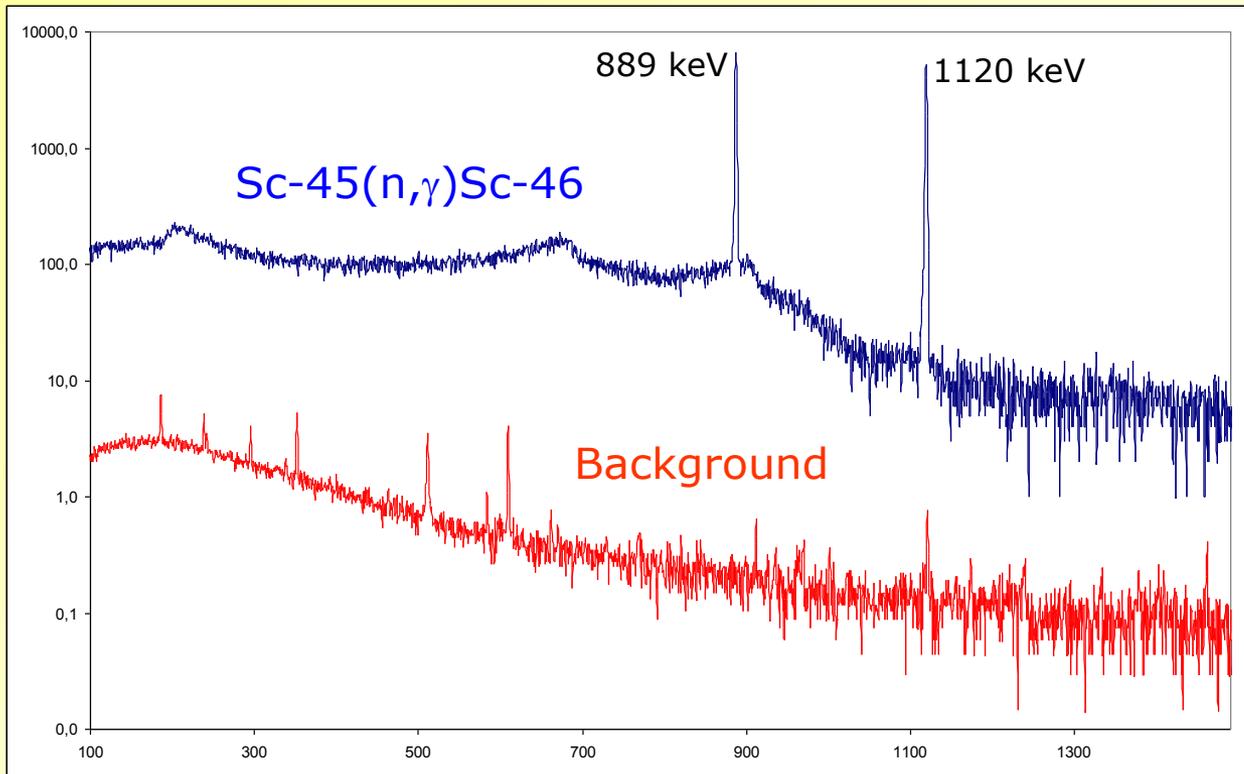
$$P \sim n \cdot m \cdot \sigma \cdot N \cdot b \cdot T(\lambda, t_1, t_2, t_3)$$



Определение плотности потока нейтронов в измерительной полости по активационному γ -спектру

$$P \sim n \cdot m \cdot \sigma \cdot N \cdot b \cdot T(\lambda, t_1, t_2, t_3)$$

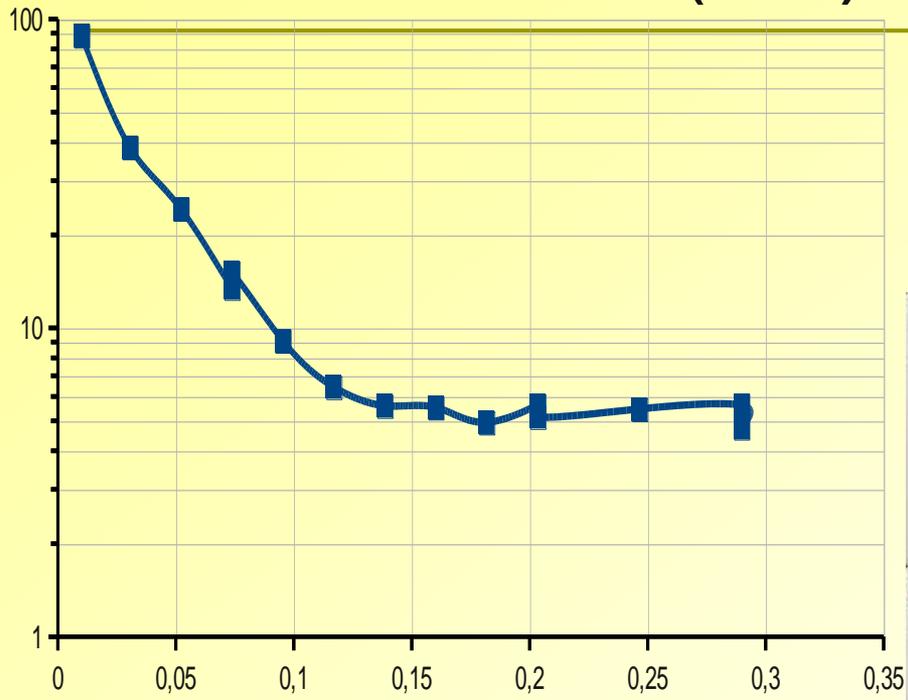
$$N = 0.63 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \mu\text{A}^{-1} \quad \text{при } I = 100 \mu\text{A} \quad N \approx 10^8 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$



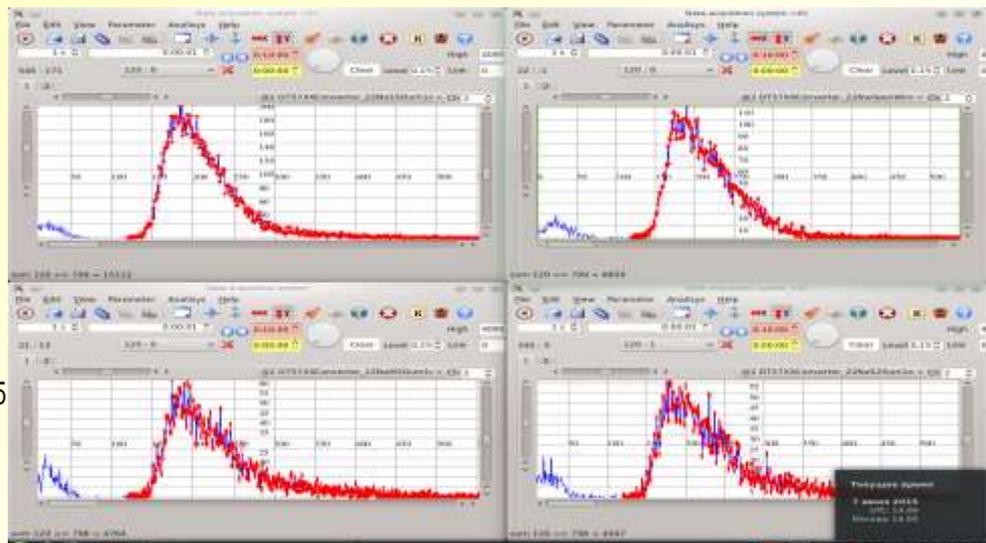
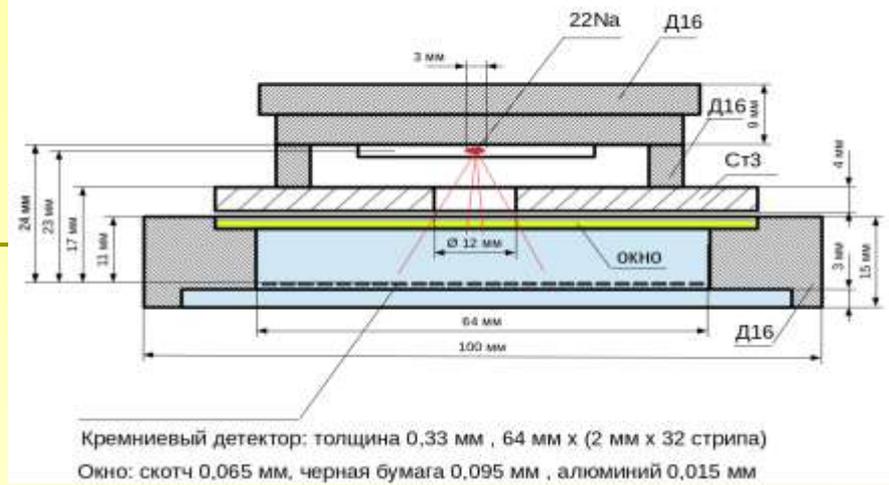
^{45}Sc , ^{55}Mn , ^{115}In

Измерение макс. энергии и интенсивности источников электронов от 0,5 до 3 МэВ с помощью кремниевого детектора.

границная энергия $E_{\text{макс}} \approx \left(\frac{d}{0.095} \frac{A}{Z} \right)^{2/3}$

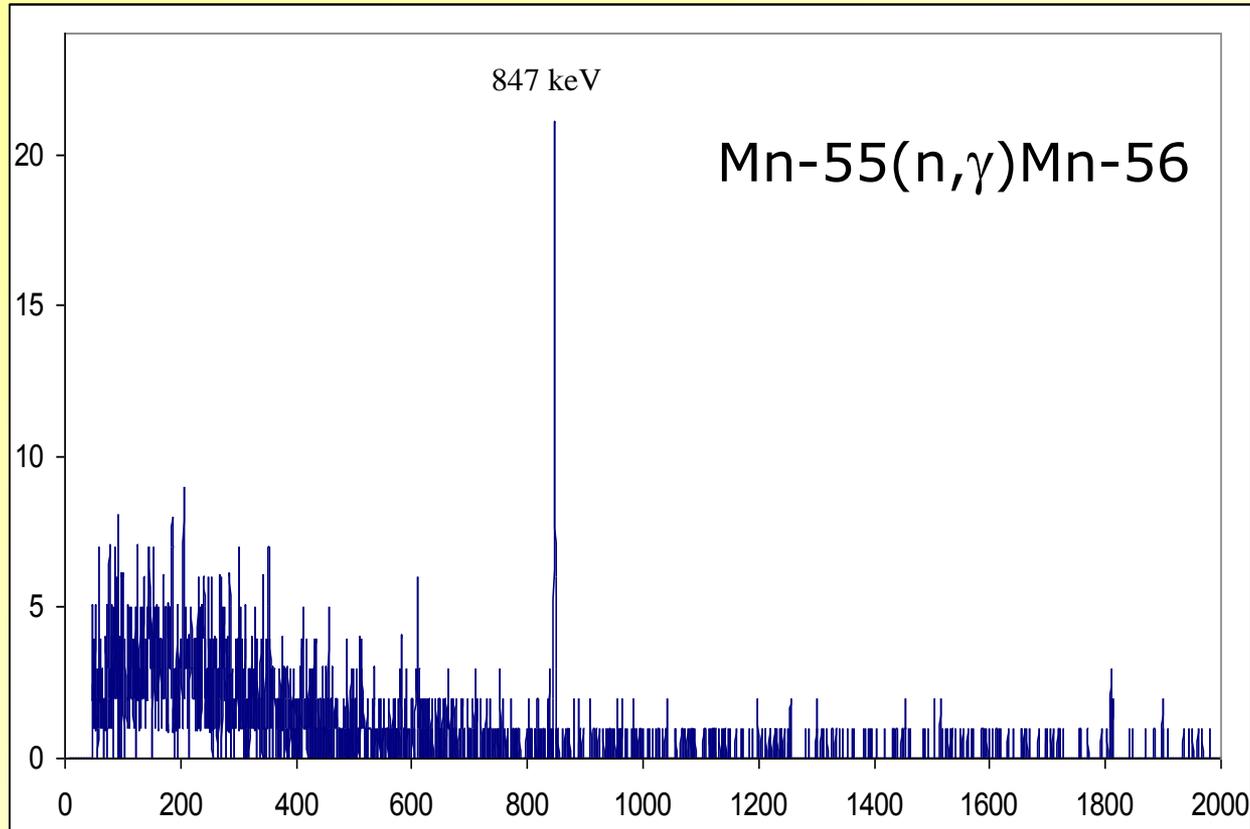


Определение бета-активности и граничной энергии образцов натрия-24



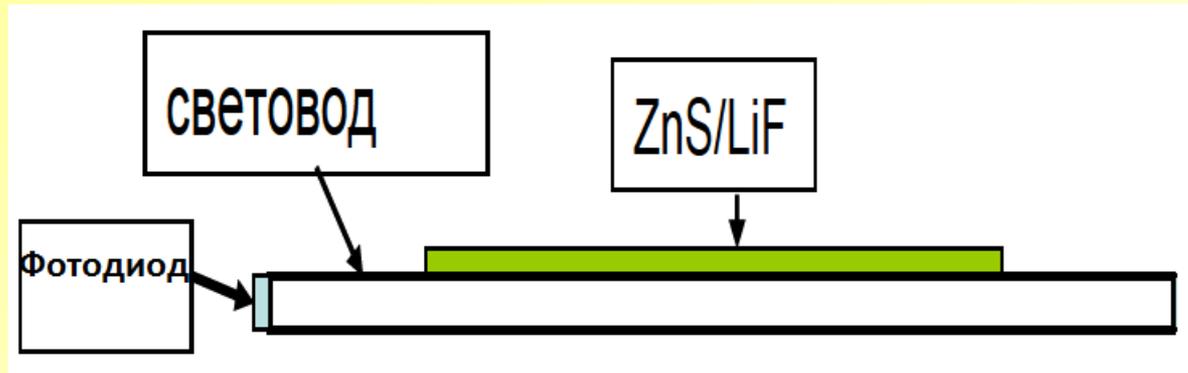
| № | вещество | масса, г | t облуч., с | задерж., с | t изм., с | счет | $E_{\text{макс}}, \text{МэВ}$ | Плотн. потока, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$ |
|---|--------------------|----------|-------------|------------|-----------|------|-------------------------------|--|
| 1 | NaHCO ₃ | 0,49 | 3360 | 67260 | 3000 | 704 | 1,33 | 6 · 10 ⁶ |
| 2 | NaCl | 0,61 | 3360 | 19320 | 3000 | 1958 | 1,36 | 5 · 10 ⁶ |

Определение плотности потока нейтронов на поверхности куба (~ 50 см от центра (фон))



$$N = 15 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$$
$$= 1.8 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}\mu\text{A}^{-1}$$

Определение плотности потока нейтронов в режиме online

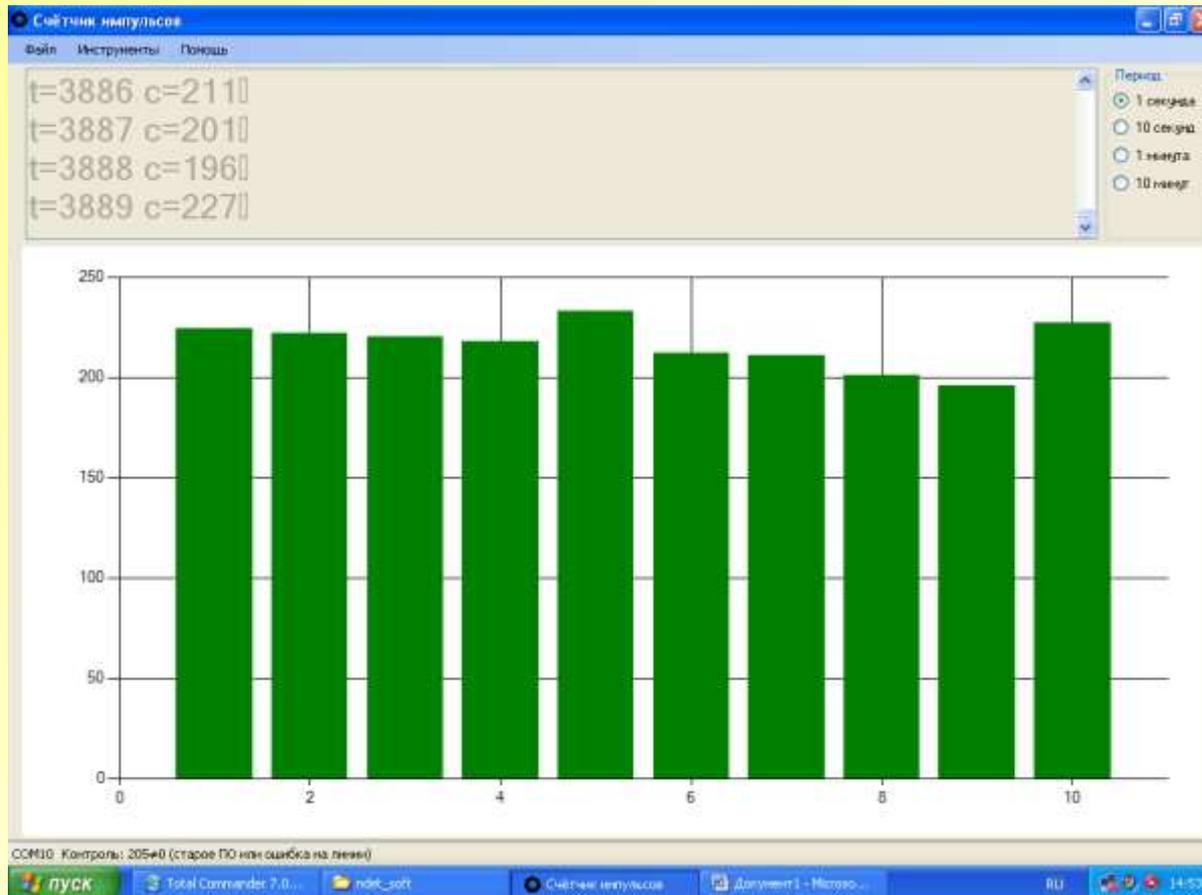


Детектор состоит из 4 поверхностей ZnS(Ag)/LiF толщиной 0.2 мм и шириной 20 мм, световода из оргстекла размерами 20x20x160 мм³, фотодиода, блока усилителя с преобразователем напряжения и устройства передачи данных на USB порт компьютера. Конечным устройством визуализации является программа нейтронного монитора.

Фотодетектор – Гейгеровский лавинный фотодиод – малые размеры, низкое напряжение питания, высокая квантовая эффективность.

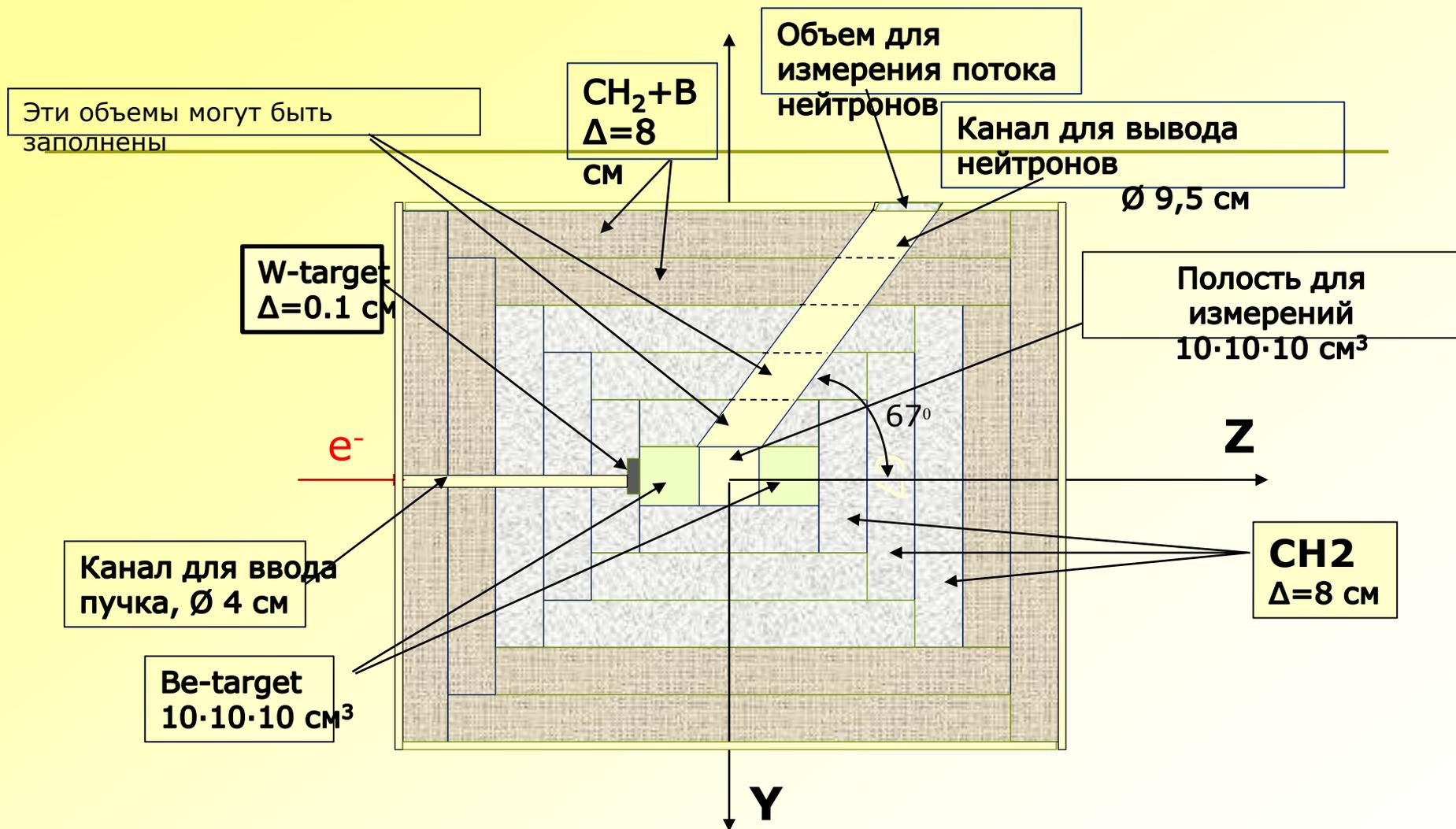
Производитель - Лаборатория релятивистской ядерной физики, Ивашкин Александр Павлович

Определение плотности потока нейтронов на верхней поверхности источника (L=50 см)



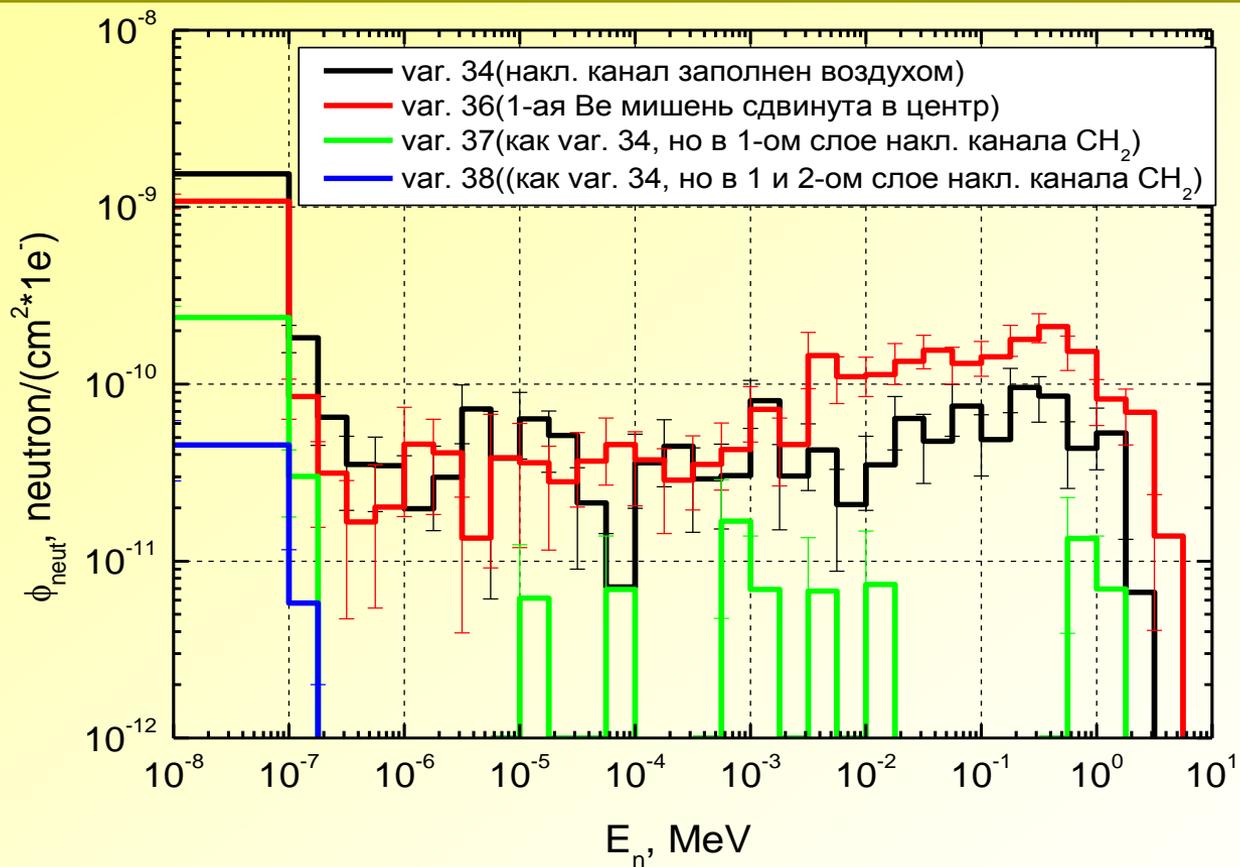
$$N = 10 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} \\ = 1.25 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} \mu\text{A}^{-1}$$

Источник нейтронов (вид сверху)

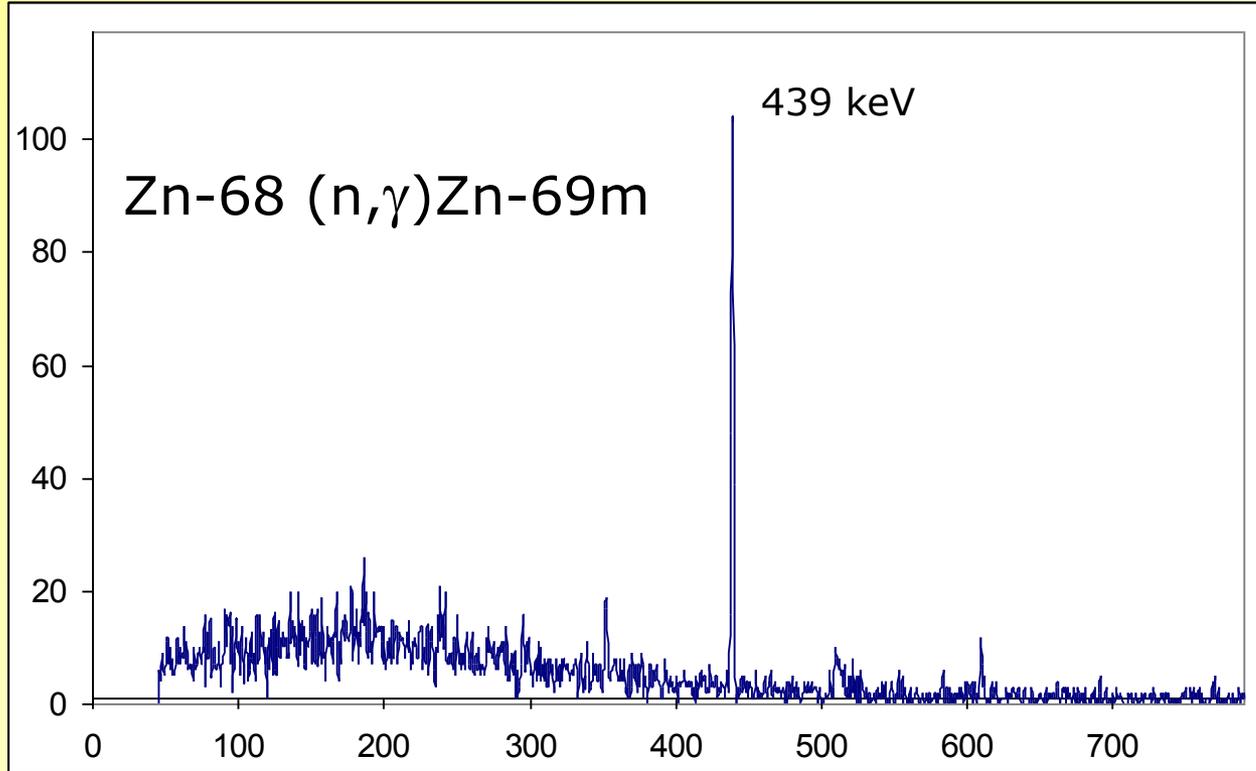


Var 34

Плотности потоков нейтронов на выходе наклонного измерительного канала из сборки при разных вариантах конструкции нейтронного источника

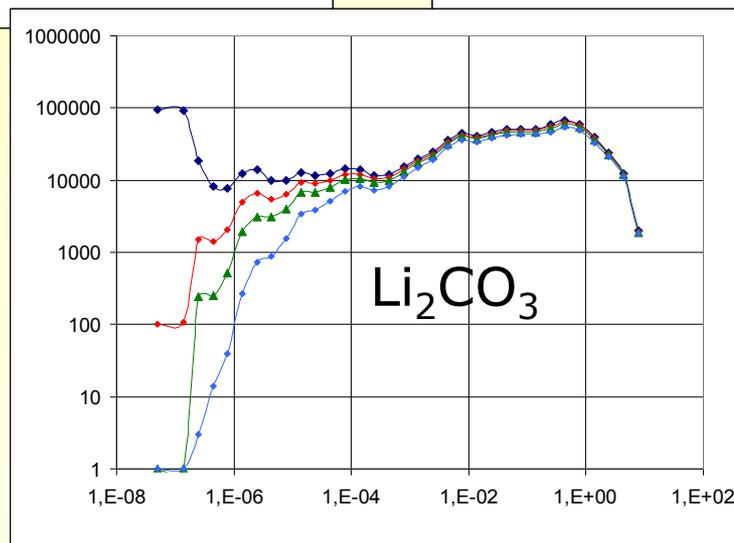
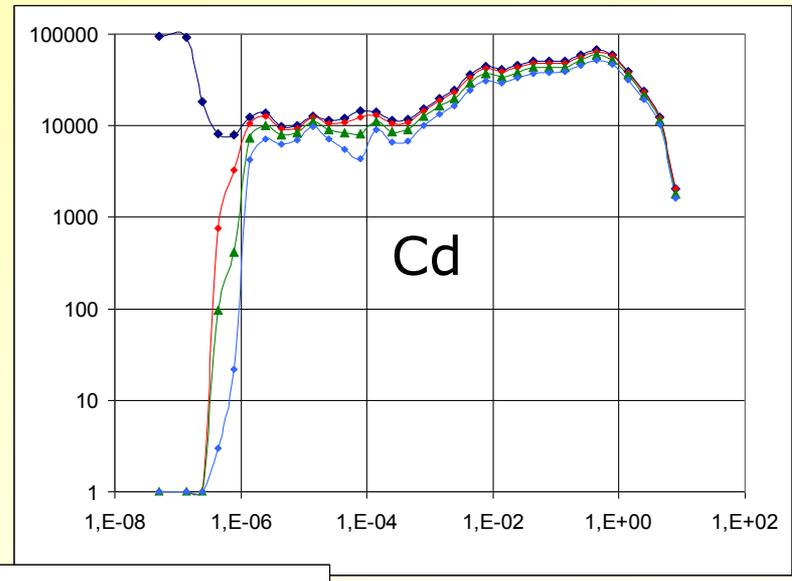
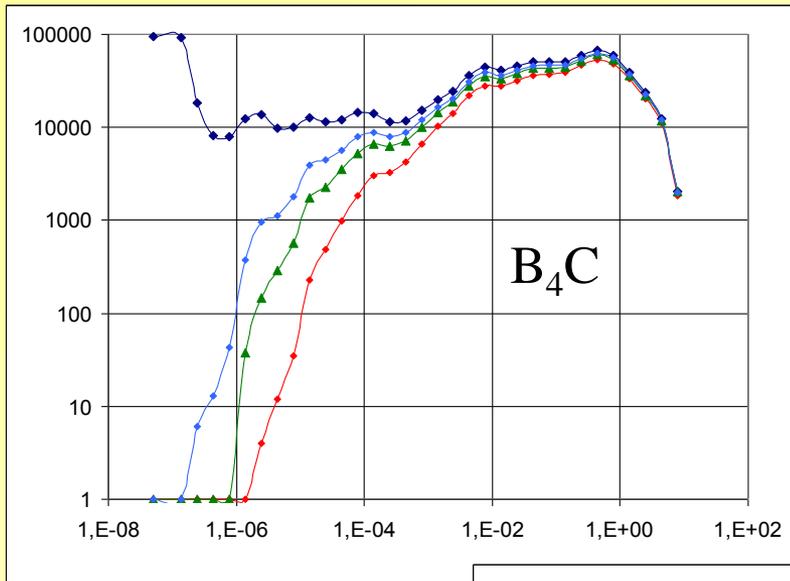


Определение плотности потока тепловых нейтронов в выводном канале ($\Theta=67^\circ$, $L=70\text{cm}$)



$$N=3 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} \quad N/I_{\text{cp}}=3.7 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}\mu\text{A}^{-1}$$
$$\text{При } I_{\text{cp}}=100\mu\text{A} \quad N=3.7 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$$

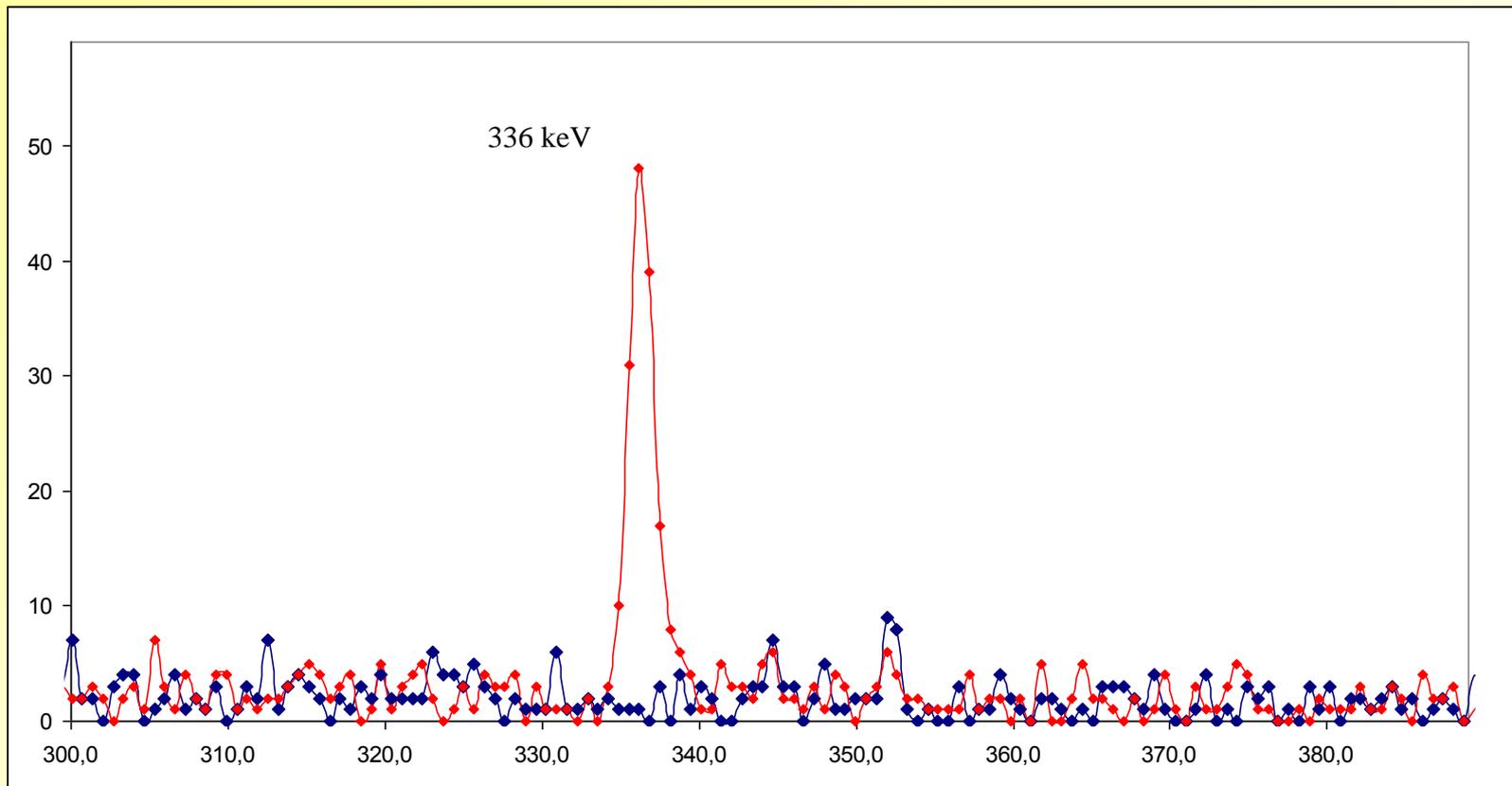
Подавление тепловых нейтронов в выводном канале 67° Моделирование



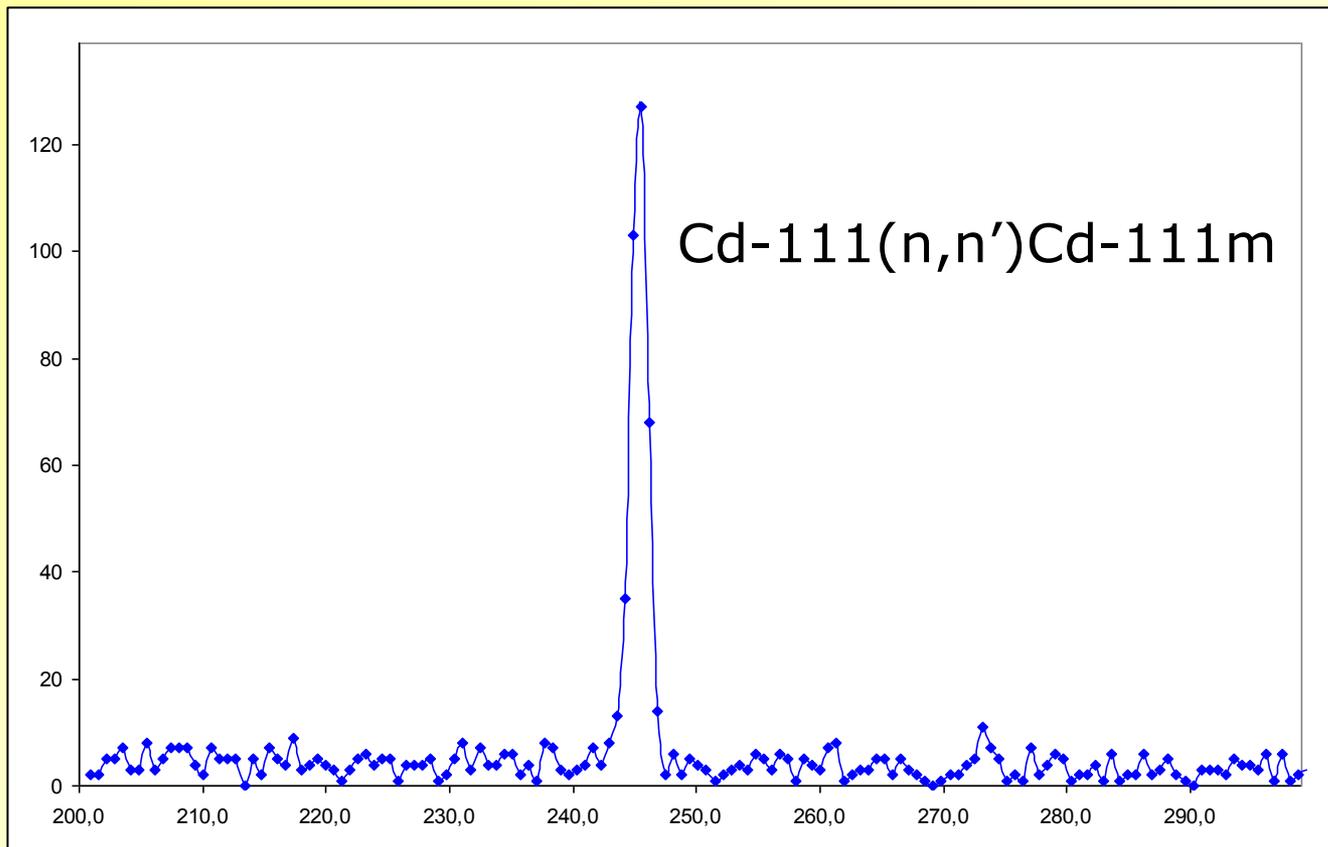
Подавление тепловых нейтронов в выводном канале 67°

Эксперимент: Cd-114 (n,γ) Cd-115

----- без фильтра
----- В₄С (1.0 г/см²)

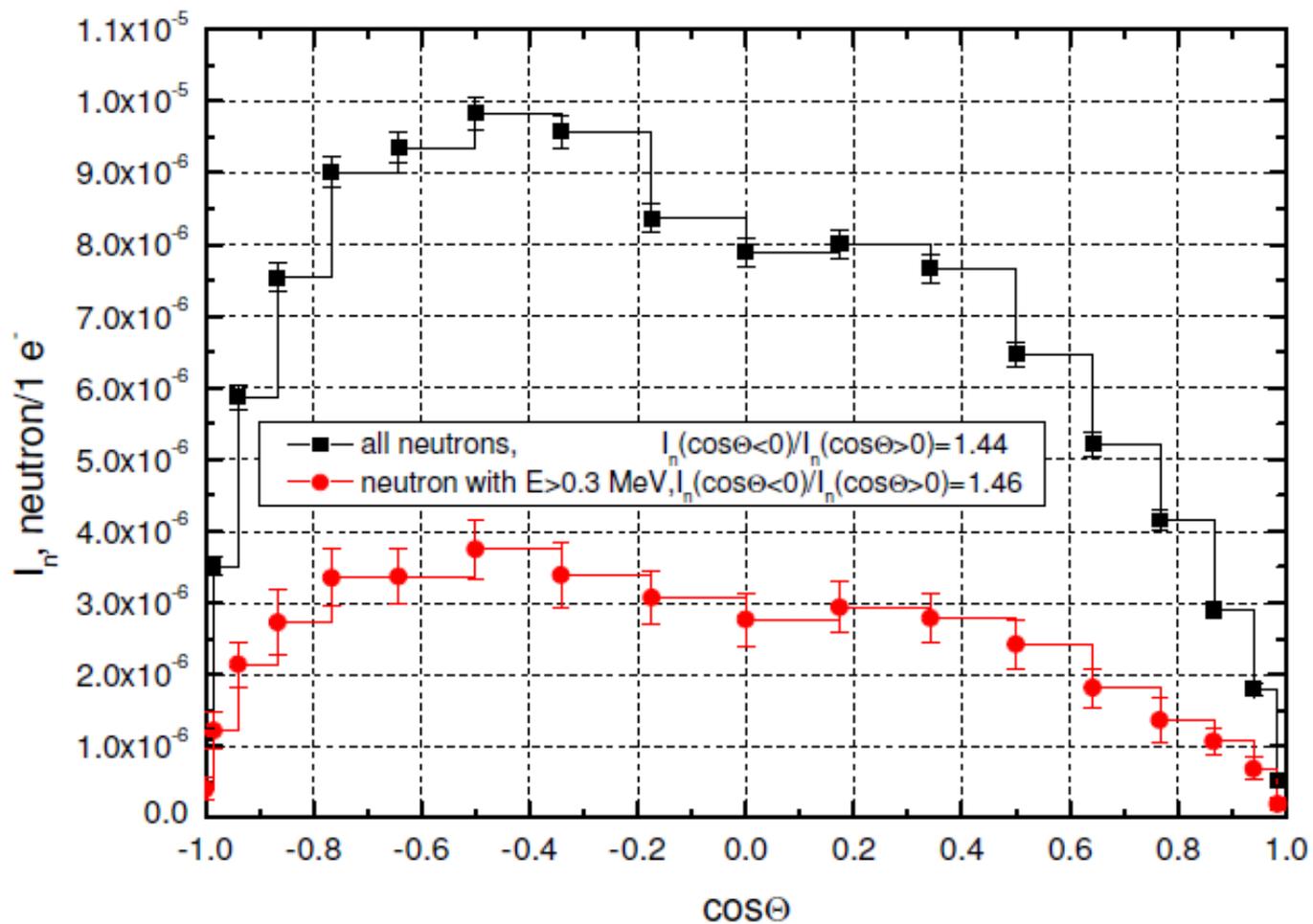


Определение плотности потока быстрых нейтронов в выводном канале ($\Theta=67^\circ$, $L=0.7$ m) вариант 34



$$N = 1.1 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$
$$1,4 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \mu\text{A}^{-1}$$

Нейтроны, вылетающие из мишени(W+Be), как функция угла вылета



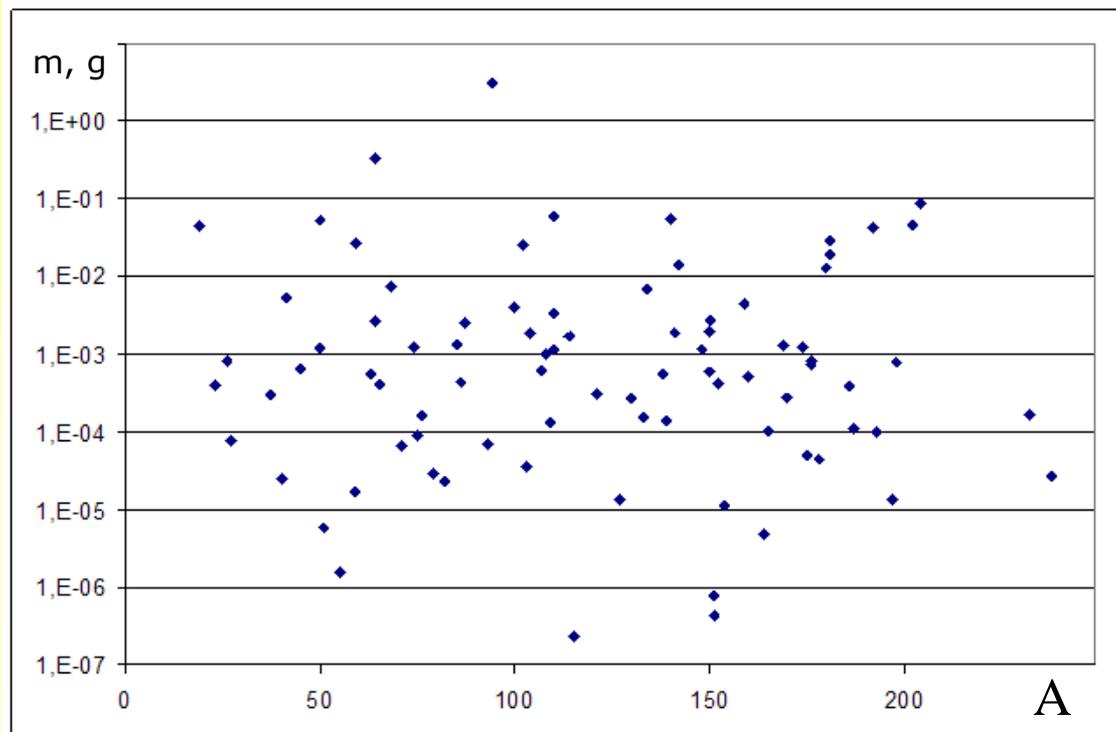
Возможные режимы работы ИН-ЛУЭ

- Облучение образцов во внутренней камере источника $N \approx 10^6$ n/(cm²·s·μA)
- Работа на выведенном пучке тепловых нейтронов $N \approx 10^3$ n/(cm²·s·μA) при L=0.7 m
 $N \approx 10^5$ при среднем токе 100 μA
- Работа на выведенном пучке быстрых нейтронов $N \approx 10^3$ n/(cm²·s·μA) при L=0.7 m с возможным подавлением тепловых нейтронов

Облучение образцов во внутренней камере источника

$$\text{НАА} - P \sim n \cdot m? \cdot \sigma \cdot N \cdot b \cdot T(\lambda, t_1, t_2, t_3)$$

$$P > 3 (\text{Эф} + \text{Фон})^{1/2}$$



При $N=10^7 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Чувствит. < 10 мкГ
In, Eu, Mn, Dy, V

Чувствит. 10-100 мкГ
Sm, I, Au, Co, Kr, Ar, U, Br,
Rh, Hf, Lu, Ga, Nb, Al, As, Ir

Чувствит. 0.1-1 мГ
Ho, Re, Ag, La, Cs, Se, Th,
Te, Er, Cl, Sb, Na, W, Cu, Sr,
Gd, Ba, Nd, Sc, Pt, Mg, Pb



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ

Акционерное общество
«Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский физико-химический
институт имени Л.Я. Карпова»

Россия, 105064, Москва, пер. Обуха, дом 3-1/12, стр. 6
Тел. (495) 917-32-57, факс (495) 917-24-90

Исх. № 31/540
На №

« 09 » июня 2015 г.

Заместителю Директора ИЯИ
Г. И. Рубцову

Уважаемый Григорий Игоревич!

Для нашего института представляют интерес результаты радиационных и активационных измерений аэрозолей, отобранных ЦАО Росгидромета в Солнечногорском районе Московской области с помощью беспилотных средств на фильтрах из материала ЛФС-2, разработанного в институте. Необходимо получить оценку концентрации радиоактивных элементов, полученных с помощью гамма-спектрального анализа, проводимого в лабораториях Вашего института, а также целого ряда стабильных тяжелых металлов, определяемых в составе этих аэрозолей путем гамма-нейтронного активационного анализа, также выполняемых в Вашем Институте на источнике тепловых нейтронов и линейном ускорителе ЛУЭ-8. Указанные выше фильтры находятся в настоящее время в Лаборатории атомного ядра Вашего Института. Для проведения указанных работ необходимо Ваше положительное решение.

Руководитель НПЦ Аэрозолей
ИНФХИ им. Л.Я. Карпова,
д.х.н., профессор

Ю.Н. Филатов

Работа на выведенном пучке тепловых нейтронов

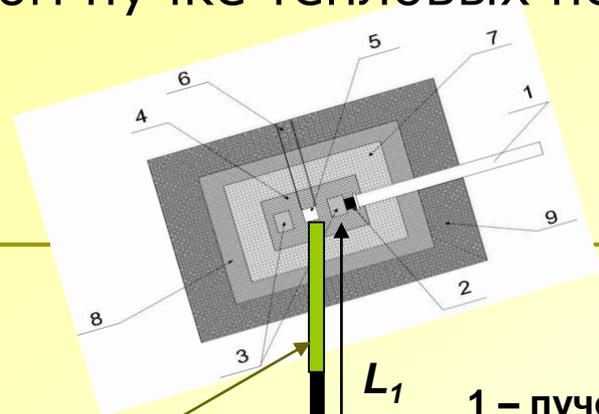
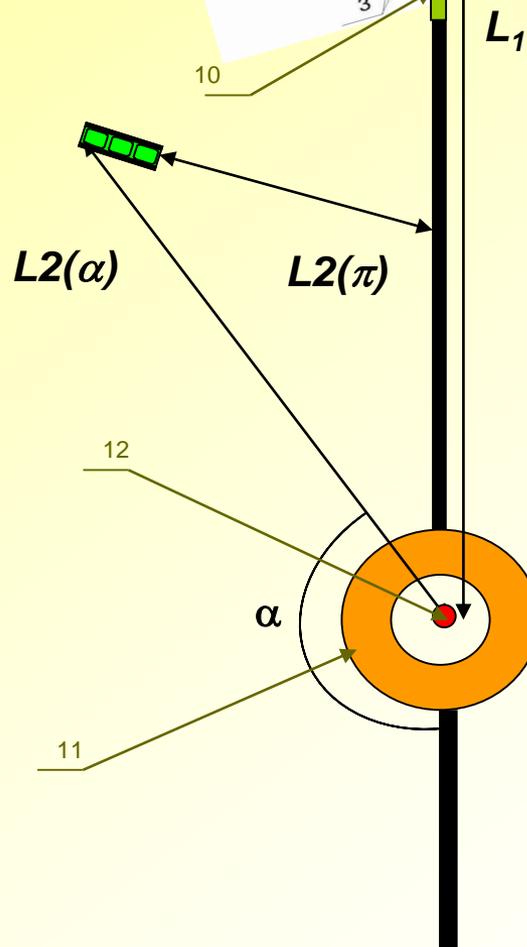


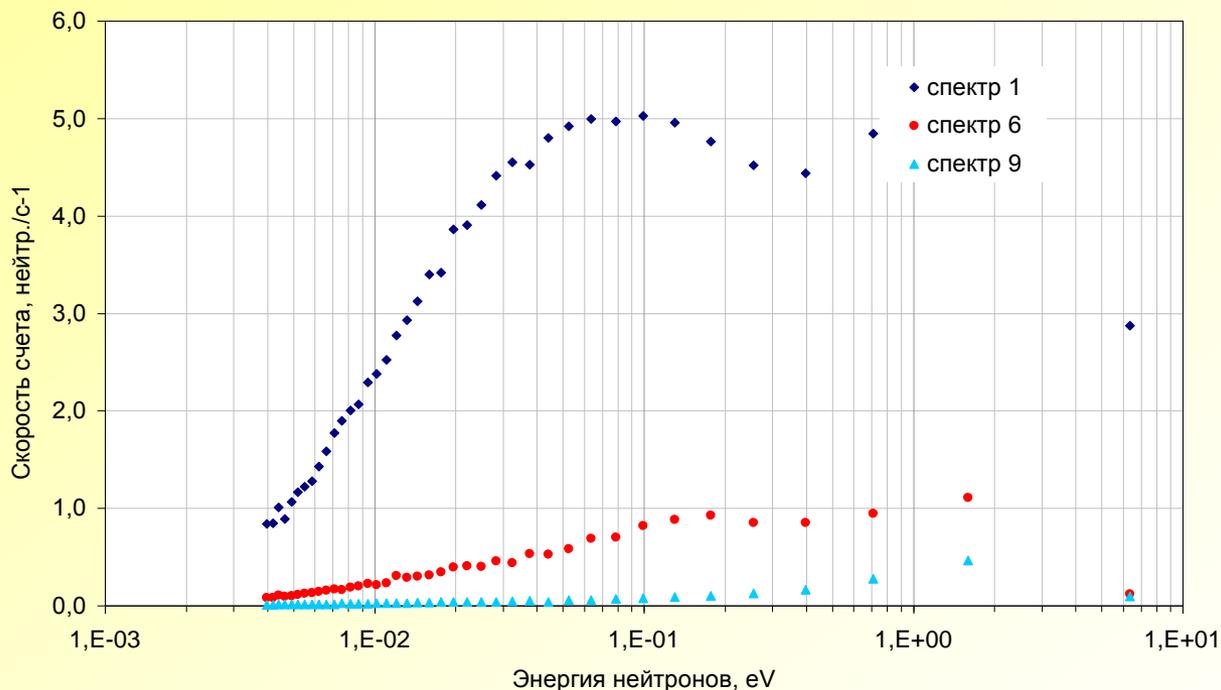
Схема размещения дифрактометра ФИАН на импульсном источнике нейтронов *ИН-ЛУЭ* ИЯИ РАН (проект)

9 – защита из борированного полиэтилена
 10 - канал для вывода тепловых нейтронов
 11 – блок образца
 12 – образец для дифрактометрии
 13 – детекторы тепловых нейтронов расположенные с выполнением условий временной фокусировки:
 $L1 + L2(\alpha) \sin(\alpha/2) = C$
 $L1 \approx 6,5 \text{ м}, L2(\pi) \approx 0,5 \text{ м}$



1 – пучок электронов,
 2 – вольфрамовый конвертер,
 3 – бериллиевая мишень,
 4 – полиэтиленовый замедлитель для активационного анализа образцов ,
 5 - полость для размещения замедлителя дифрактометра или образцов для активационного анализа,
 6 – канал для загрузки и выгрузки образцов и замедлителя,
 7 - отражатель,
 8 – защита из тяжелого металла,

Энергетический спектр нейтронов при различных конфигурациях эксперимента ФИАН



Спектр 1 – на оси пучка нейтронов нет поглотителя; спектр 6 – в канале замедлителя вставка из порошка ${}^6\text{Li}_2\text{CO}_3$ + Cd-лист; спектр 9 – то же + детектор закрыт Cd-листом. Ось пучка нейтронов выходит из центра замедлителя под углом 67° . Расстояние до детектора – 7 м.

Заключение

- На пучке электронов линейного ускорителя ЛУЭ-8-5 установлен и функционирует источник нейтронов ИН-ЛУЭ
- В источнике предусмотрена камера облучения с плотностью потока нейтронов $\sim 10^6 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \mu\text{A}^{-1}$
- Коллиматор (или коллиматоры в будущем) позволяет получать выведенные пучки с различным спектральным составом (тепловые, быстрые)
- Возможно получение для лабораторных целей различных бета и гамма излучателей, например ^{24}Na с энергией электронов 1.7 МэВ и др.
- Для получения максимальных параметров источника $\sim 10^8$ для плотности потока в камере и $\sim 10^{10} \text{ s}^{-1}$ для потока нейтронов из источника в направлении выводного канала необходимо:
 - а) модернизация системы охлаждения электронного ускорителя
 - б) усиление радиационной защиты в зале ускорителя



ЛУЭ-8

15:13 15/ИЮНЬ/2015



15:11 15/ИЮНЬ/2015

Thank you!