

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
РЕЛЯТИВИСТСКОГО ЛАЗЕРНО-
ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА И ЕГО
ПРИМЕНЕНИЕ К ПОСТРОЕНИЮ
ИЗОБРАЖЕНИЙ С ВЫСОКИМ
ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Выполнила: студентка 2 курса физфака МГУ

Сивко Анастасия

Научный руководитель: Иванов Константин Анатольевич

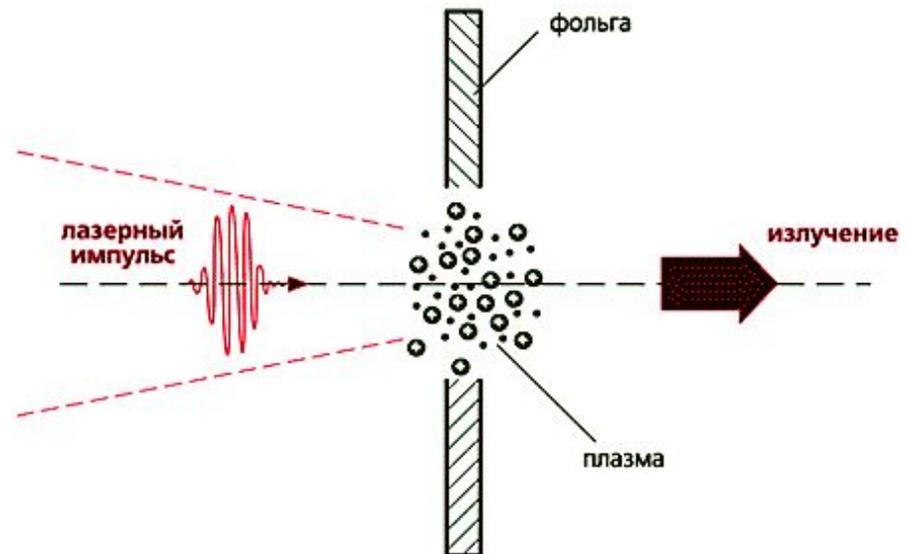
Фемтосекундная лазерная плазма

Изучаемая в данной работе лазерная плазма образуется на поверхности вещества при его взаимодействии с лазерным импульсом.

$$W = \frac{1}{\sqrt{T_1}} e^{-\frac{E}{T_1}} + \frac{1}{\sqrt{T_2}} e^{-\frac{E}{T_2}} + \dots$$

Данная плазма состоит из «горячих» электронов и испускает кванты рентгеновского излучения

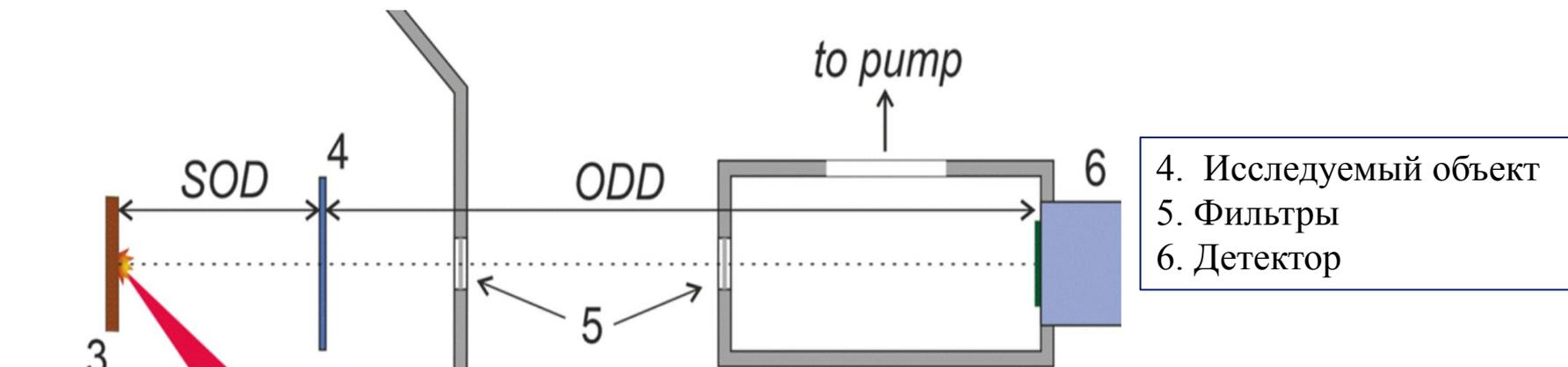
Экспериментально изучая поток вылетающих из плазменного факела частиц можно решать как фундаментальные задачи по изучению лазерной плазмы, так и использовать её для практических задач (например построение рентгеновских изображений)



Цели эксперимента

- Изучение рентгеновского спектра
Обработка показаний детектора и восстановление спектров в различных диапазонах энергий с целью их дальнейшей сшивки в спектр на большом диапазоне энергий
- Характеризация рентгеновского источника по характеристической линии с целью оценки его эффективности для построения фазово-контрастных изображений

Схема экспериментальной установки



1. Лазерный луч
2. Параболическое зеркало
3. Медная мишень

4. Исследуемый объект
5. Фильтры
6. Детектор

Лазерный импульс:

$$t = 50 \text{ фс}, \lambda = 810 \text{ нм}, E_L \text{ до } 40 \text{ мДж}, I_{\text{пик}} = 2 * 10^{18} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$$

Мишень – плоская медная пластина

Фильтры:

На 5-20 кэВ - 200 мкм бериллия и 100 мкм алюминия

На 20-200 кэВ – 1,5 м воздуха и 400 мкм меди

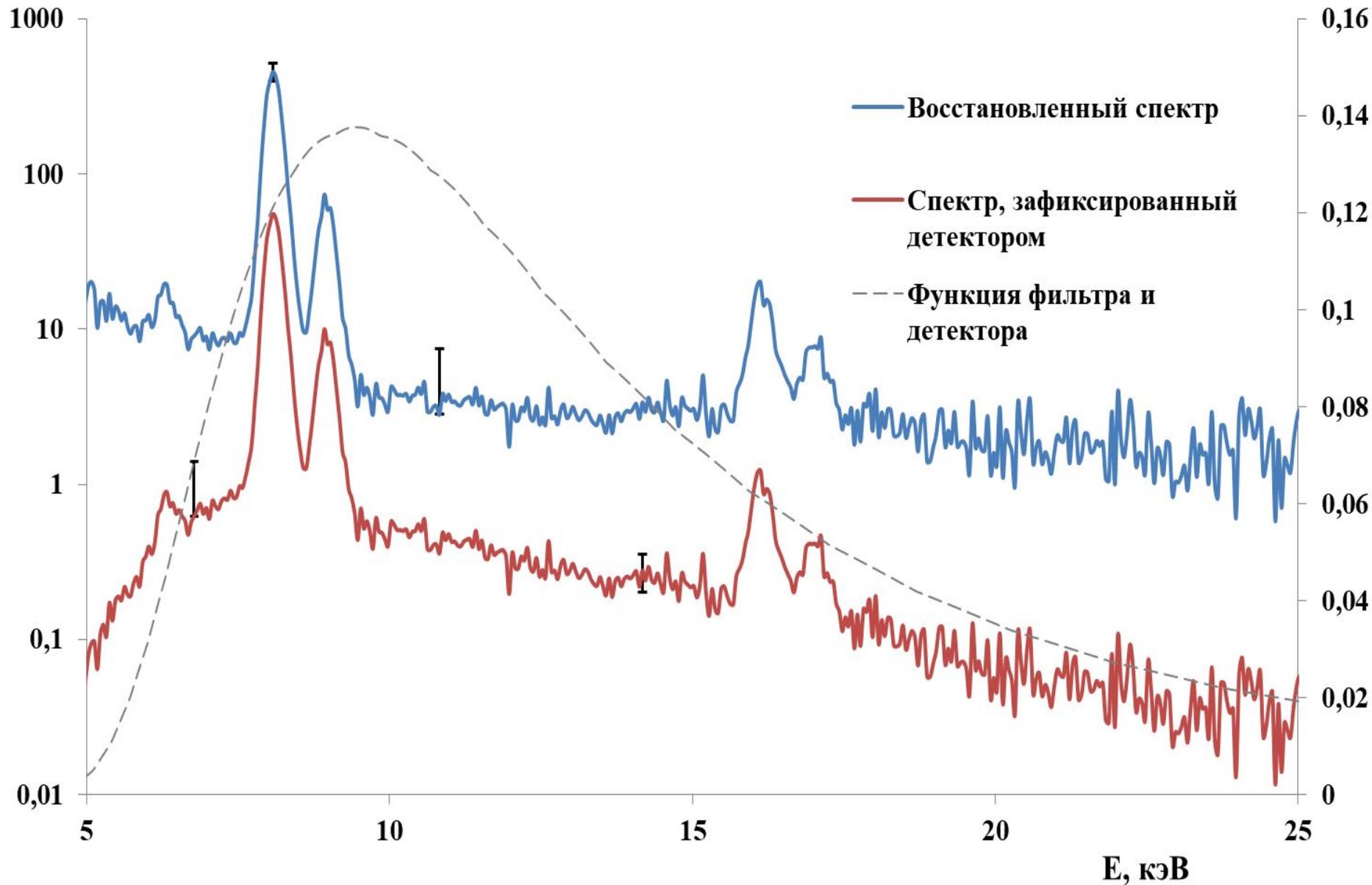
Для 5-20 кэВ кремниевый детектор

Для 20-200 кэВ детектор из теллурида кадмия

Восстановленный и регистрируемый детектором спектры в логарифмическом масштабе при 30 мДж

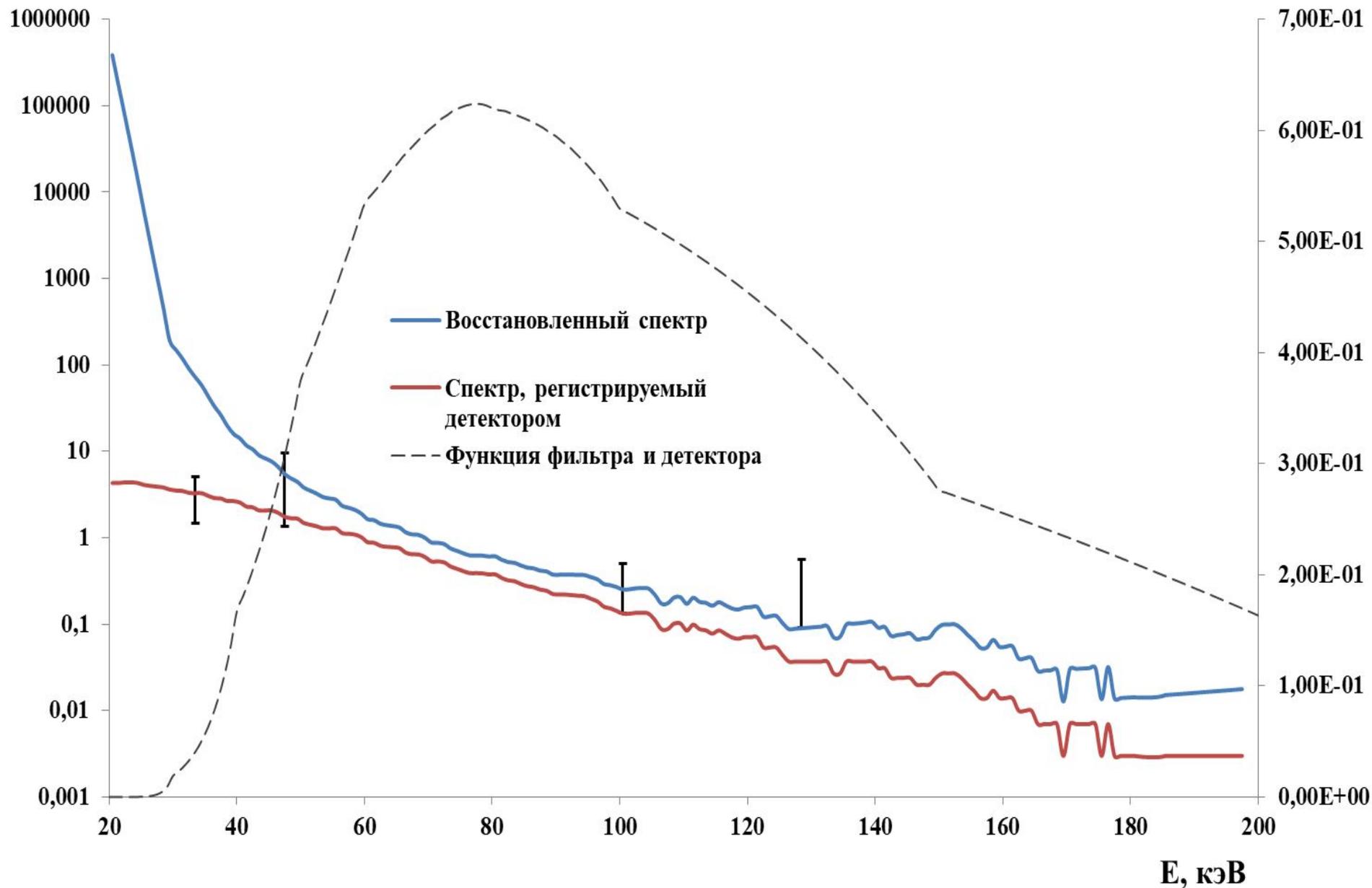
Функция
фильтра и
детектора

dN/dE



Восстановленный и регистрируемый детектором спектр в логарифмическом масштабе при 30 мДж

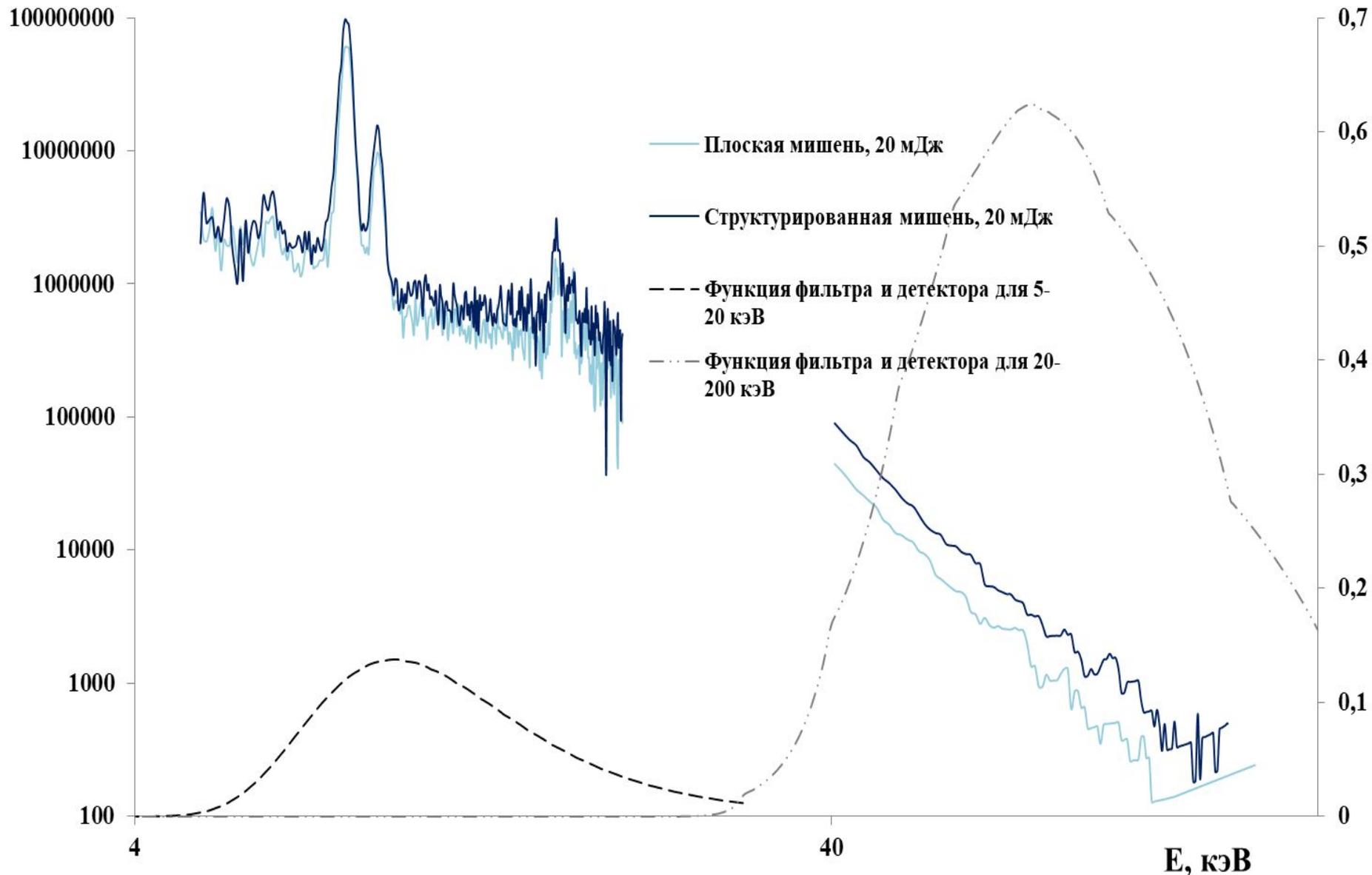
Функция
фильтра и
детектора



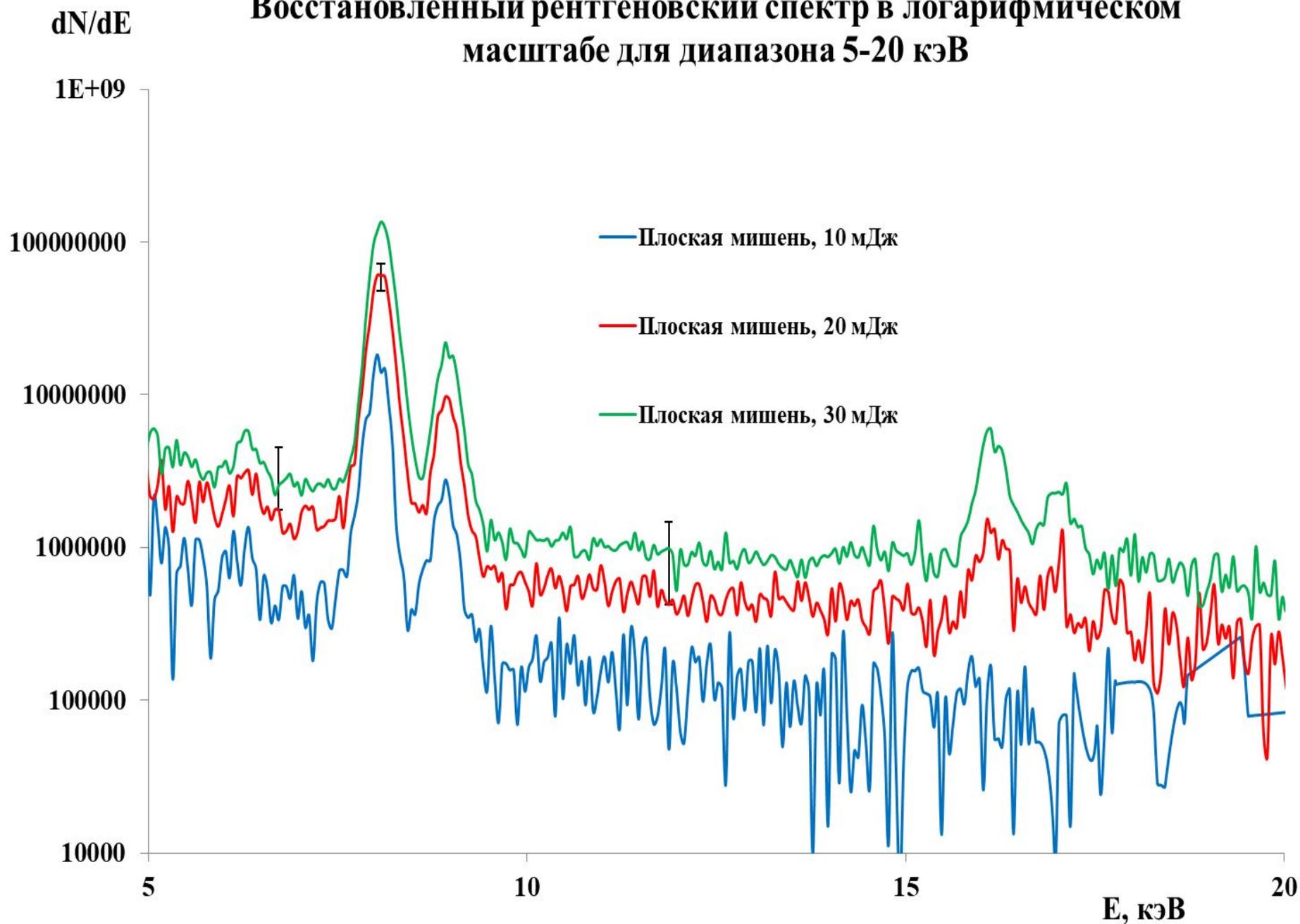
Восстановленный рентгеновский спектр в логарифмических масштабах для диапазона 5-200 кэВ

dN/dE

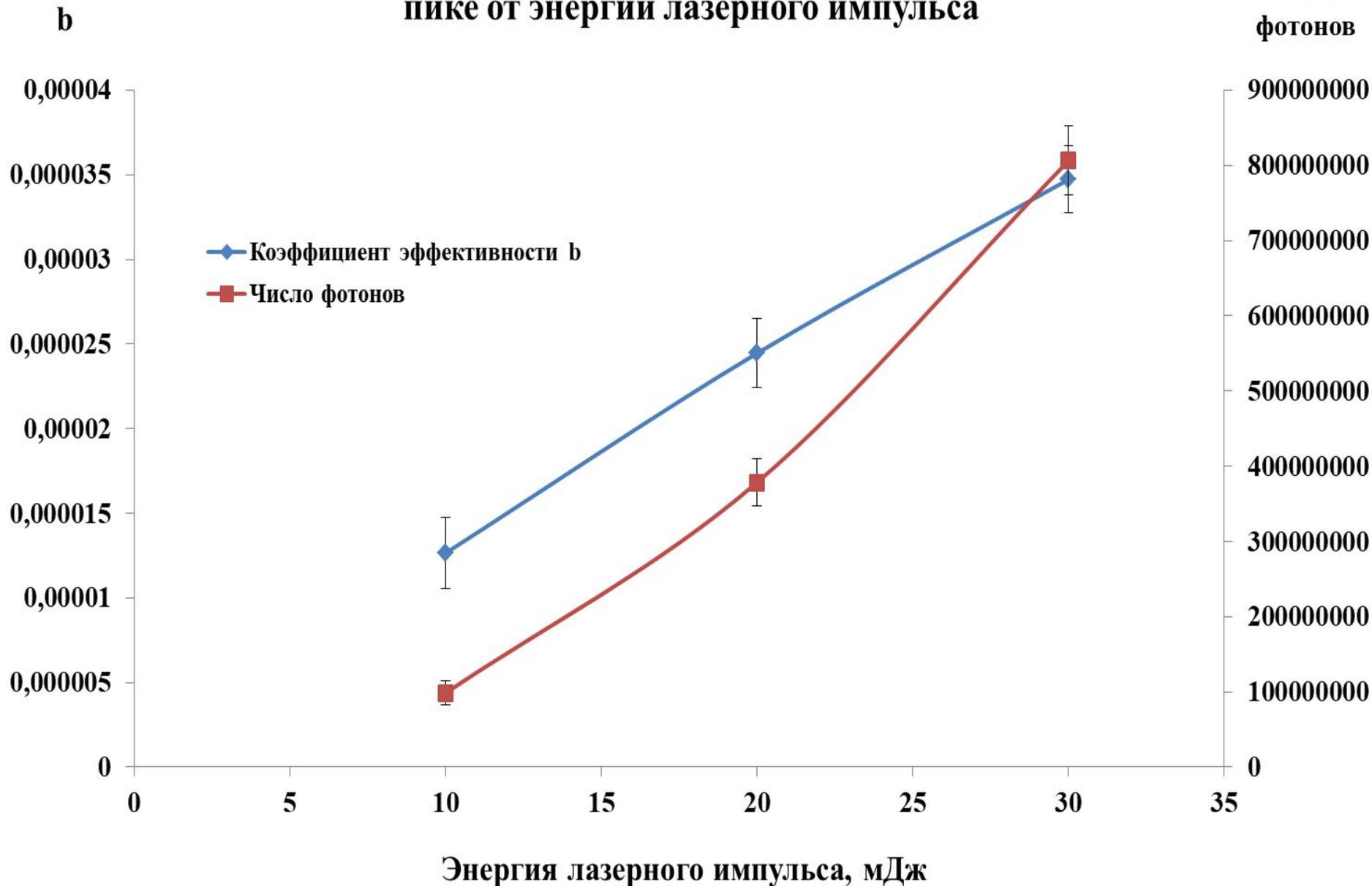
Функция
фильтра и
детектора



Восстановленный рентгеновский спектр в логарифмическом масштабе для диапазона 5-20 кэВ



Зависимость коэффициента эффективности характеристического рентгеновского излучения η и числа фотонов в характеристическом пике от энергии лазерного импульса



Фазовый контраст

$SOD = 10 \text{ см}$ – расстояние от источника до объекта

$ODD = 44 \text{ см}$ – расстояние от объекта до детектора

$D_s = 15 \text{ мкм}$

$u = 0,025 \text{ м}^{-6}$

$$M = \frac{SOD+ODD}{SOD} = 5,4$$

$$L_{lat} = \frac{\lambda \cdot SOD}{D_s} = 0,0053333 \text{ м}$$

$$L_{shear} = \frac{\lambda \cdot ODD \cdot u}{M} = 0,00162963 \text{ м}$$

Условие фазового контраста:

$$L_{lat} \gg L_{shear}$$

Проверка условия:

$$\frac{L_{shear}}{L_{lat}} = 0,30556 \ll 1$$

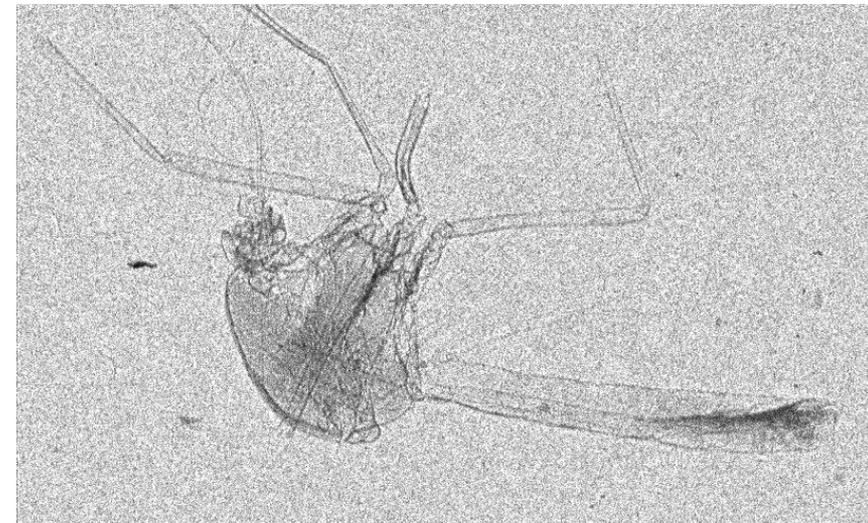
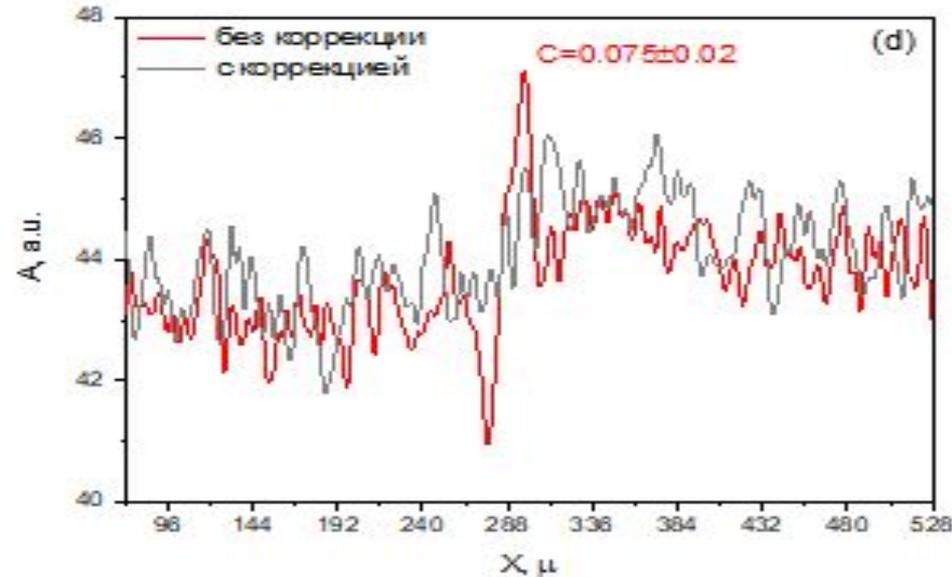
Необходимое число лазерных импульсов:

Для наблюдения чёткой картины нужно порядка 100 фотонов. При этом за один импульс в пиксель попадает:

$$N_p = \frac{N_k a_p^2}{4\pi R^2} = 0,0434, \text{ где}$$

N_k число фотонов в характеристической K_α линии,
 a_p линейный размер пикселя (13 мкм),
 R расстояние от источника до детектора

Исходя из этих расчётов необходимо порядка нескольких тысяч импульсов



Заключение

В ходе работы были получены рентгеновские спектры для различных диапазонов энергий и была проведена сшивка нескольких спектров в один.

Было установлено, что фильтры и детектор, использующиеся в эксперименте для диапазона 20-200 кэВ не подходят для изучения спектра для энергий меньше 40 кэВ, что было видно на графиках восстановленного и сшитого спектров.

Также была оценена эффективность генерации K_{α} линии спектра и были получены зависимость коэффициента эффективности и числа фотонов в характеристическом пике от энергии лазерного импульса.

На основе этих данных было проверено условие наблюдения фазового контраста при данных параметрах и размерах установки, а также оценено число лазерных импульсов, необходимое для получения чёткого рентгеновского изображения

Спасибо за внимание