

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ТРАНСФОРМАЦИИ КОНУСА ИЗЛУЧЕНИЯ ВАВИЛОВА-ЧЕРЕНКОВА В GEANT4

В. И. Дроник ^{1,*}, И.А. Кишин ^{1,2}, А. С. Кубанкин ^{1,2}, Р.М. Нажмудинов ^{1,2}

1) Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия 2) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

Введение

Как известно, излучение Вавилова-Черенкова (ИВЧ) образуется когда фазовая скорость заряженных частиц в прозрачной среде становится выше скорости света в этой среде. В некоторых материалах благодаря резонансному поведению показателя преломления на краях фотопоглощения можно генерировать ИВЧ в узких областях спектра в рентгеновском диапазоне [1]. Этот эффект интересен квазимонохроматическим спектром и высокой спектральной плотностью получаемого излучения, что позволяют рассматривать его как источник мягкого рентгеновского излучения. Один из недостатков такого подхода – низкая угловая плотность излучения – можно решить направляя пучок частиц под углом к мишени [2].

Данная работа посвящена исследованию влияния геометрии мишени на выход ИВЧ с использованием программного пакета GEANT4.

Модель эксперимента схематически изображена на рис. 1. Моделирование проводилось для разных углов φ падения на мишень пучка электронов с энергией в диапазоне от 7 до 250 МэВ. Для регистрации ИВЧ был размещён нематериальный детектор с эффективностью регистрации 100%.

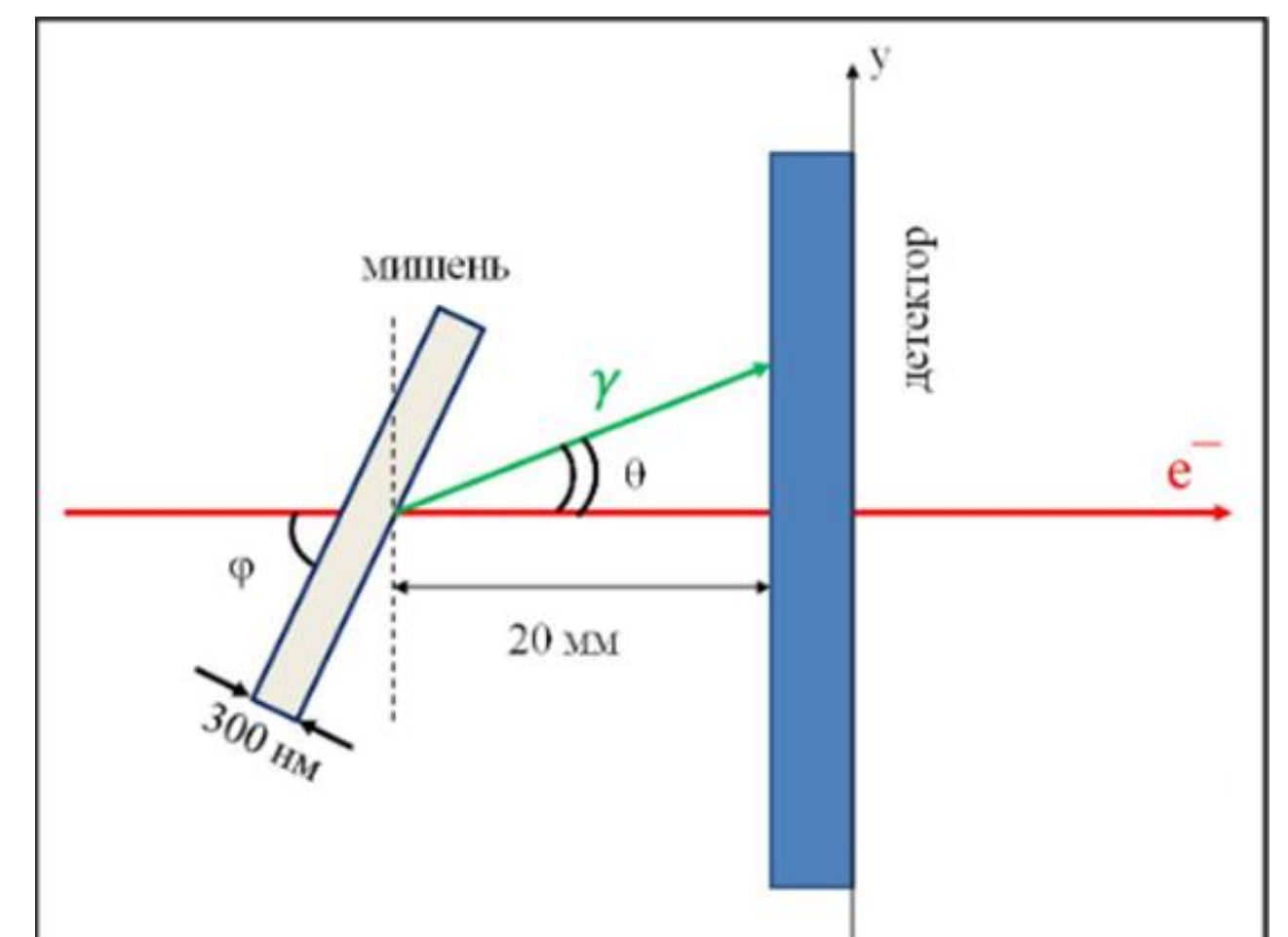


Рис. 1 Схематическое изображение модели

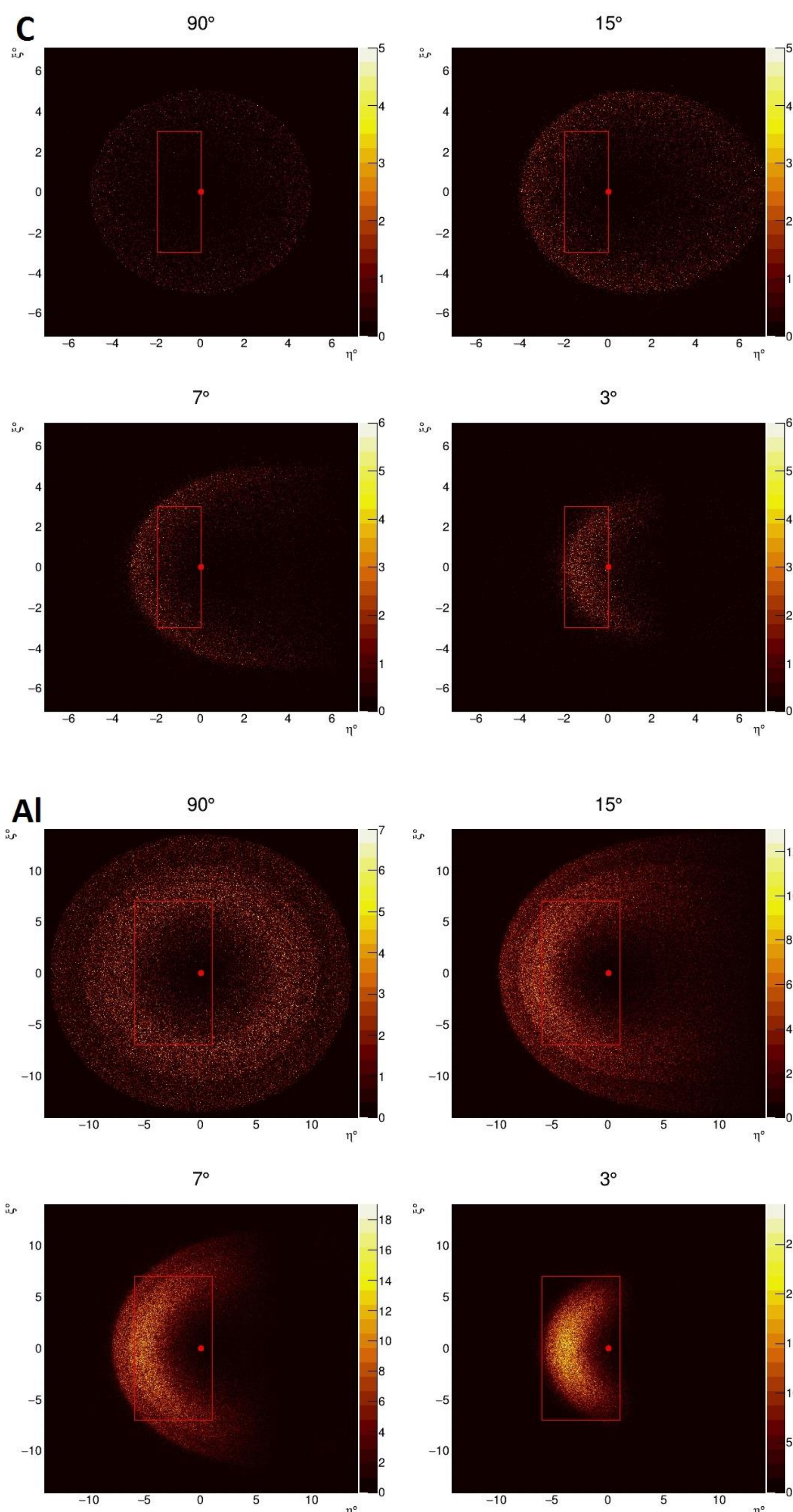


Fig. 2. Тепловые карты распределения ИВЧ из мишени в зависимости от угла падения электронного пучка на мишень. Количество первичных электронов - 10^8

Эффект деформации конуса ИВЧ

Уменьшение угла падения пучка φ приводит, с одной стороны, к увеличению длины пробега электронов в мишени, с другой – к уменьшению расстояния до границы мишени для сгенерированных фотонов (в одну из сторон вдоль оси y (рис. 1)). На рис. 2 приведены полученные тепловые карты зарегистрированных детектором фотонов для мишеней из углерода и алюминия, на рис. 3 – угловое распределение ИВЧ вдоль оси y для разных углов падения пучка (а), а также зависимость количества зарегистрированных фотонов ИВЧ в области, отмеченной на рис. 3(а) красным прямоугольником от угла падения φ (б) для алюминиевой мишени. Результаты показаны для энергии электронов 7 МэВ. На рисунках видим ожидаемые эффекты – рост интенсивности и угловой плотности ИВЧ при уменьшении угла φ .

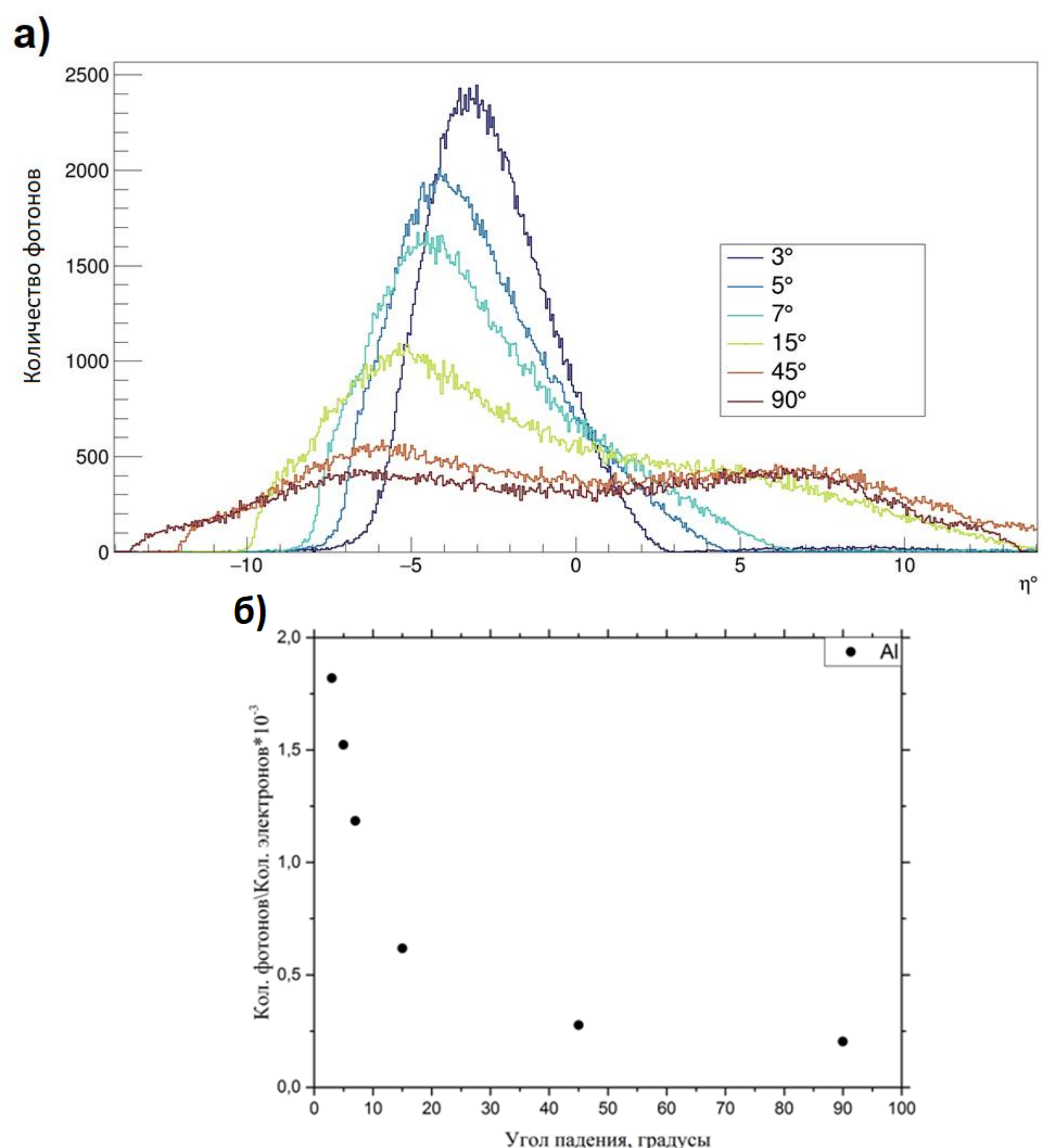


Fig. 3. а) Угловое распределение ИВЧ из алюминиевой мишени, для разных углов φ б) Интенсивность ИВЧ в зависимости от угла падения пучка φ .

Заключение

- Выполнено моделирование ИВЧ в программном пакете Geant4 для разных сортов мишеней и разных энергий пучка электронов.
- Показан эффект трансформации конуса ИВЧ. Установлено, что выход фотонов ИВЧ увеличивается при уменьшении угла падения электронов на мишень, а также растёт угловая плотность излучения.
- На основе полученных результатов можно утверждать о возможности создания интенсивного источника мягкого рентгеновского излучения в диапазонах энергий от 70 до 300 эВ.

Работа выполнена при финансовой поддержке конкурсной части госзадания по созданию и развитию лабораторий, проект № FZWG-2020-0032 (2019-1569).

Ссылки

[1] V. A. Bazylev, V. I. Glebov, E. I. Denisov, N. K. Zhevago, and A. S. Khlebnikov, JETP Lett. 24, 371 ~1976!

[2] И. А. Кишин и др // Эффект трансформации конуса излучения вавилова-черенкова при влете релятивистского электрона в слой вещества // ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА И ИНЖИНИРИНГ, 2016, том 7, № 1, с. 47–52