

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ МНОГОЛЕПЕСТКОВОГО КОЛЛИМАТОРА УСКОРИТЕЛЕЙ ФИРМЫ ELEKTA SYNERGY С ЦЕЛЬЮ ВОЗМОЖНОГО ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Е.И. Алексеева¹, О.В. Дубинина¹, А.Н. Алексеев¹, И.А. Наухацкий²

¹ *Крымский республиканский онкологический клинический диспансер
им. В.М. Ефетова, Республика Крым, Симферополь*

² *Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
Республика Крым, Симферополь*

STUDY OF CHARACTERISTICS OF FLUORESCENT OPTICAL CRYSTALS OF MULTI-LEAF COLLIMATOR OF LINEAR ELECTRON ACCELERATOR BY ELEKTA SYNERGY FOR THE PURPOSE OF THE POSSIBLE IMPORT SUBSTITUTION

E.I. Alekseeva¹, O.V. Dubinina¹, A.N. Alekseev¹, I.A. Nauhatsky²

¹ *V.M. Efetov Crimean Republican Oncologic Clinical Dispensary, Simferopol, Russia*

² *V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

Реферат

Статья посвящена исследованию проблемы эксплуатации клинического линейного ускорителя Elekta Synergy и, в частности, оценка функциональности многолепесткового коллиматора Agility™. В связи с инициацией новых масштабных санкций в отношении России, которые носят ультраконцентрированный характер, затрагивающих в том числе и медицину, остро встает вопрос замены комплектующих изделий многолепесткового коллиматора, а именно флуоресцентных оптических кристаллов. Выход из строя небольших по размеру флуоресцентных оптических кристаллов приводит к неработоспособности высокотехнологичного оборудования и остановке процесса лучевого лечения.

Целями работы являются изучение вопроса эксплуатации клинического линейного ускорителя Elekta Synergy в части функциональности многолепесткового коллиматора Agility™, определение химического состава флуоресцентных оптических кристаллов и определение перспектив импортозамещения.

Ключевые слова: лучевая терапия, клинический линейный ускоритель электронов, многолепестковый коллиматор, флуоресцентные оптические кристаллы, возможности импортозамещения

Abstract

The article is devoted to the study of the problem of Elekta Synergy clinical linear accelerator operation, and in particular the functionality of the Agility multi-leaf collimator. In connection with the initiation of new large-scale restrictions against Russia, which are of the ultra-concentrated nature, affecting also the medical industry, the issue of replacement of component parts of the multi-leaf collimator, namely fluorescent optical crystals, is acute. Failure of small-sized fluorescent optical crystals leads to inoperability of high-tech equipment and stops the process of radiation treatment.

The purpose of the work was to study the operation of the Elekta Synergy clinical linear accelerator, in terms of functionality of the Agility multi-leaf collimator, to determine the chemical composition of fluorescent optical crystals, to determine the prospects of import substitution.

Key words: radiation therapy, clinical linear electron accelerator, multi-leaf collimator, fluorescent optical crystals, import substitution opportunities

E-mail: eaalexru@gmail.com

<https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-103-3-5-8>

Введение

Для оказания высокотехнологичной медицинской помощи в отделении радиологии Крымского республиканского онкологического клинического диспансера им. В.М. Ефетова установлено и введено в эксплуатацию новейшее оборудование для борьбы с онкологическими заболеваниями – клинический линейный ускоритель Elekta Synergy производства компании Elekta Ltd (Швеция–Англия). Система Elekta Synergy относится к пятому поколению полностью цифровых систем для применения современных радиотерапевтических методик, которые можно выполнить благодаря наличию многолепесткового коллиматора Agility™. Поддержание высокого качества лечения требует регулярного выполнения процедур гарантии качества (ГК) линейного ускорителя электронов [1, 2], а также существенных финансовых вложений на износ различных его составляющих, в том числе и на замену флуоресцентных оптических кристаллов. Многолепестковый коллиматор Agility™ – это один из главных компонентов клинического линейного ускорителя Elekta Synergy, который испытывает максимальную нагрузку при лечении больных. Важнейшей частью его являются флуоресцентные оптические кристаллы (рис. 1), которые в ближайшем будущем могут перейти в раздел запрещенных к ввозу компонентов.

В среднесрочной перспективе неизбежно будут появляться проблемы с работоспособностью и дальнейшей клинической эксплуатацией линейного ускорителя Elekta Synergy в связи с отсутствием оригинальных комплектующих изделий.



Рис. 1. Флуоресцентный оптический кристалл, закрепленный в планке

Решение вопроса замены комплектующих изделий многолепесткового коллиматора (МЛК) – флуоресцентных оптических кристаллов – состоит, на наш взгляд, из следующих этапов:

1. Определение химического состава флуоресцентных оптических кристаллов.
2. Создание опытного образца комплектующего изделия МЛК с проведением технических и клинических испытаний.
3. Создание отечественного производства флуоресцентных оптических кристаллов.

Материал и методы

Положение лепестка многолепесткового коллиматора Agility™ на клиническом линейном ускорителе Elekta Synergy отслеживается оптически, в отличие от МЛК Varian Clinac IX и Shinva ХНА600Е. Координаты положения флуоресцентного оптического кристалла регистрируются с помощью видеокамеры и сравниваются с базовыми значениями. Элементом позиционирования этой системы, являются флуоресцентные оптические кристаллы, которые периодически выходят из строя (рис. 2),

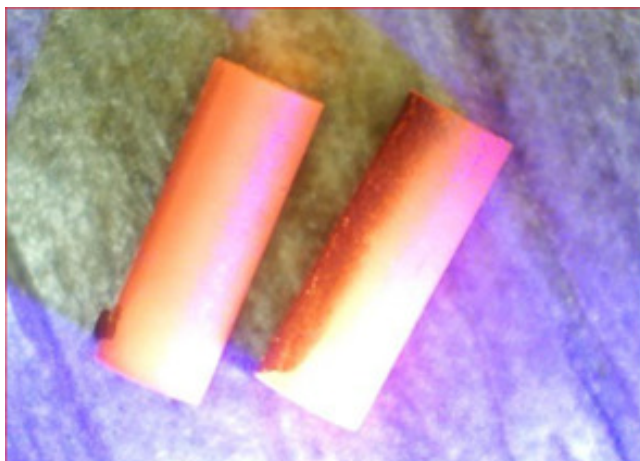


Рис. 2. Флуоресцентные оптические кристаллы – целый и вышедший из строя: а) слева – целый кристалл, справа – вышедший из строя, четко видна область затемнения в поле люминесценции с длиной волны в 395 нм; б) слева целый кристалл, справа – вышедший из строя, четко видна область затемнения при естественном освещении



Рис. 3. Флуоресцентный оптический кристалл, люминесцирующий в ближнем ультрафиолете

из-за чего их необходимо менять. А менять их зачастую не на что и стоимость этих кристаллов значительна. В связи с этим было решено выяснить состав этих кристаллов, особенность которых заключалась в том, что они люминесцируют в ближнем ультрафиолете 395 нм (рис. 3) и излучают в ближнем инфракрасном диапазоне, так как камера, которая используется для регистрации этого оптического сигнала, имеет максимум чувствительности в ближнем инфракрасном диапазоне.

Для определения химического состава флуоресцентных оптических кристаллов были проведены исследования на базе Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского города Симферополя. Объектом исследования стали два флуоресцентных оптических кристалла.

Рентгенодифрактометрические исследования выполнялись на дифрактометре рентгеновском общего назначения (ДРОН-3) с цифровой записью результатов измерения. Съемка порошковой пробы флуоресцентного оптического кристалла (рис. 4) проводилась в геометрии расходящегося рентгеновского пучка с фокусировкой по Брэггу-Брентано (трубка с кобальтовым анодом $\lambda = 0,178897$ нм) (рис. 5). Расшифровка рентгенограммы выполнялась с использованием открытой базы данных по кристаллографии (COD) [3]. Элементный анализ производился при помощи волнодисперсионного рентгеновского флуоресцентного спектрометра SuperMini200 (Rigaku).

Результаты и обсуждение

Результаты определения химического состава флуоресцентного оптического кристалла многолепесткового коллиматора Agility™ пред-



Рис. 4. Порошковая проба флуоресцентного оптического кристалла

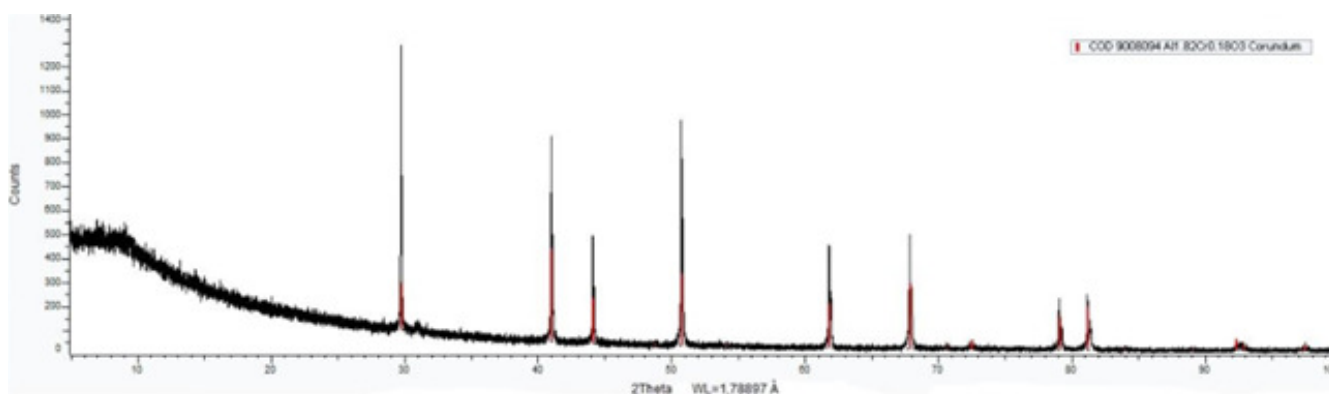


Рис. 5. Рентгенодифракционный спектр: черным – реальный спектр, красным – штрих-диаграмма соединения $Al_{1.82}Cr_{0.18}O_3$

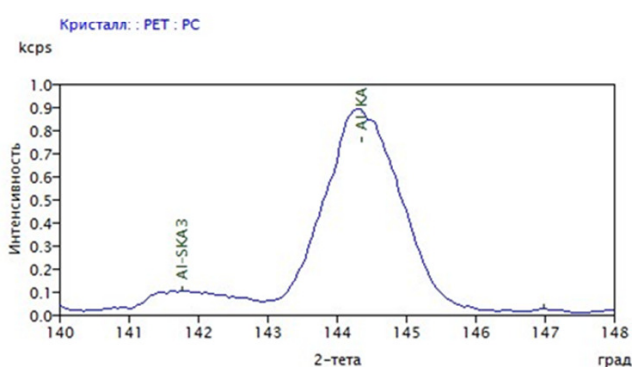


Рис. 6. Энергодисперсионный спектр Al-KA

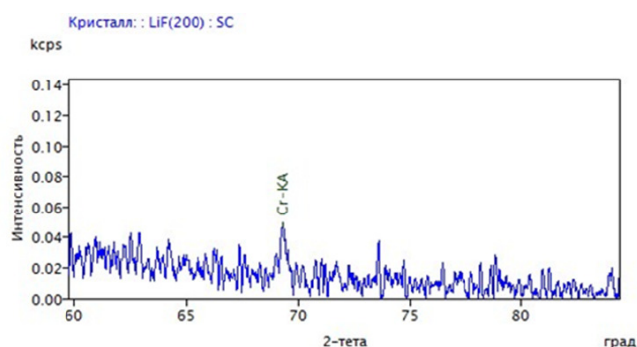


Рис. 7. Энергодисперсионный спектр Cr-KA

ставлены на рис. 6 и 7. Элементный анализ показал, что спектр содержит характеристические линии, соответствующие кислороду, алюминию (рис. 6) и хрому (рис. 7). Это позволило получить информацию о фазовом составе вещества. Кристаллическая структура образца соответствует корунду, легированном хромом ($Al_{1.82}Cr_{0.18}O_3$). В составе спектра также присутствует линия, соответствующая наличию титана в малых концентрациях, но это обусловлено

напылением титана на тыльную сторону кристалла для увеличения светимости.

Заключение и выводы

Исследование проблемы эксплуатации клинического линейного ускорителя Elekta Synergy и, в частности, функциональности многолепесткового коллиматора Agility™ позволило выявить следующее:

1. Выявлена прямопропорциональная зависимость частоты выхода из строя комплектующих многолепесткового коллиматора Agility™, а именно флуоресцентных оптических кристаллов, от потока больных.
2. Выявлена критическая уязвимость в работе МЛК Agility™, а именно, недолговечность флуоресцентных оптических кристаллов.
3. Определен химический состав флуоресцентного оптического кристалла МЛК Agility™.
4. Предложено поэтапное решение вопроса импортозамещения комплектующих изделий МЛК – флуоресцентных оптических кристаллов.

Список литературы

1. TECHNICAL REPORTS SERIES No. 398, VIENNA, December 2000.
2. AAPM TG-142. Klein E.E., Hanley J., Bayouth J. et al. Quality Assurance of Medical Acceleration. Med. Phys. 2009; 36 (9): 4197-212.
3. Crystallography and Databases. Bruno I., Grahlulis S., Helliwell J., Kabekkodu S., McMahon B., Westbrook J. Data Science. 2017; (16): 1-17.