

УДК 514.76

**ИСТОЧНИК ДЛЯ КОНТРАСТНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ АНГИОГРАФИИ*****С.В. Блажевич<sup>1\*)</sup>, М.Н. Бекназаров<sup>1)</sup>, В.К. Гришин<sup>2)</sup>****<sup>1)</sup>Белгородский государственный университет**<sup>2)</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Технология визуализации кровеносных сосудов человека в медицинской диагностике является актуальной областью приложения новых физических методов исследования. В данной работе исследуется возможность использования характеристического излучения в ангиографии. Для йода как контрастного вещества, используемого в рентгеновской диагностике, определены элементы, наиболее подходящие в качестве материала анода рентгеновского источника.

Контрастная рентгеновская ангиография, технология визуализации кровеносных сосудов человека с целью диагностики их заболеваний, является актуальной областью приложения новых физических методов исследования.

Контрастная рентгеновская диагностика кровеносных сосудов человека предполагает использование двух квазимонохроматических рентгеновских пучков для получения контрастного изображения сосудов на фоне окружающих их тканей. Высокий контраст изображения достигается путем вычитания сигналов рентгеновского детектора, зарегистрированных при просвечивании объекта пучками фотонов с энергиями соответственно выше и ниже на К-края поглощения элемента, составляющего основу контрастного вещества, вводимого в кровь исследуемого пациента на величину порядка нескольких сот электрон-вольт. Ангиография коронарных сосудов человека требует применения рентгеновских источников с высокой спектрально-угловой плотностью, поскольку длительность экспозиции при таких исследованиях не должна превышать 1 мсек, что связано с сокращениями сердца и соответствующими движениями сосудов. В настоящее время единственным источником рентгеновского излучения, удовлетворяющим поставленным требованиям, считается синхротронное излучение, получаемое на ускорителях-накопителях с энергией более 2 ГэВ. Поиск более компактных альтернативных источников является актуальной задачей.

В данной работе исследована возможность создания установки для контрастной диагностики сосудов на основе характеристического рентгеновского излучения, возбуждаемого электронами с энергией порядка 100 кэВ в двух мишенях, изготовленных из элементов К-линии, излучения которых имеют энергии, близкие к К-краю поглощения контрастного вещества и находятся соответственно выше и ниже К-края.

---

\* E-mail: blazh@bsu.edu.ru



В качестве контрастного вещества рассматривается йод, как наиболее приемлемый для контрастной медицинской диагностики. К-краю поглощения йода соответствует энергия фотонов 33.164 кэВ. В качестве радиаторов предполагается использовать мишени из бария и лантана. Все  $K_{\alpha}$ -линии бария (см рис. 1.) имеют энергию ниже К-края йода ( $K_{\alpha 1}$ -31.193 кэВ,  $K_{\alpha 2}$ - 31.871 кэВ),  $K_{\beta}$ -линии бария по энергии превышают К-край йода, но по интенсивности приблизительно на порядок слабее  $K_{\alpha}$ -линий.

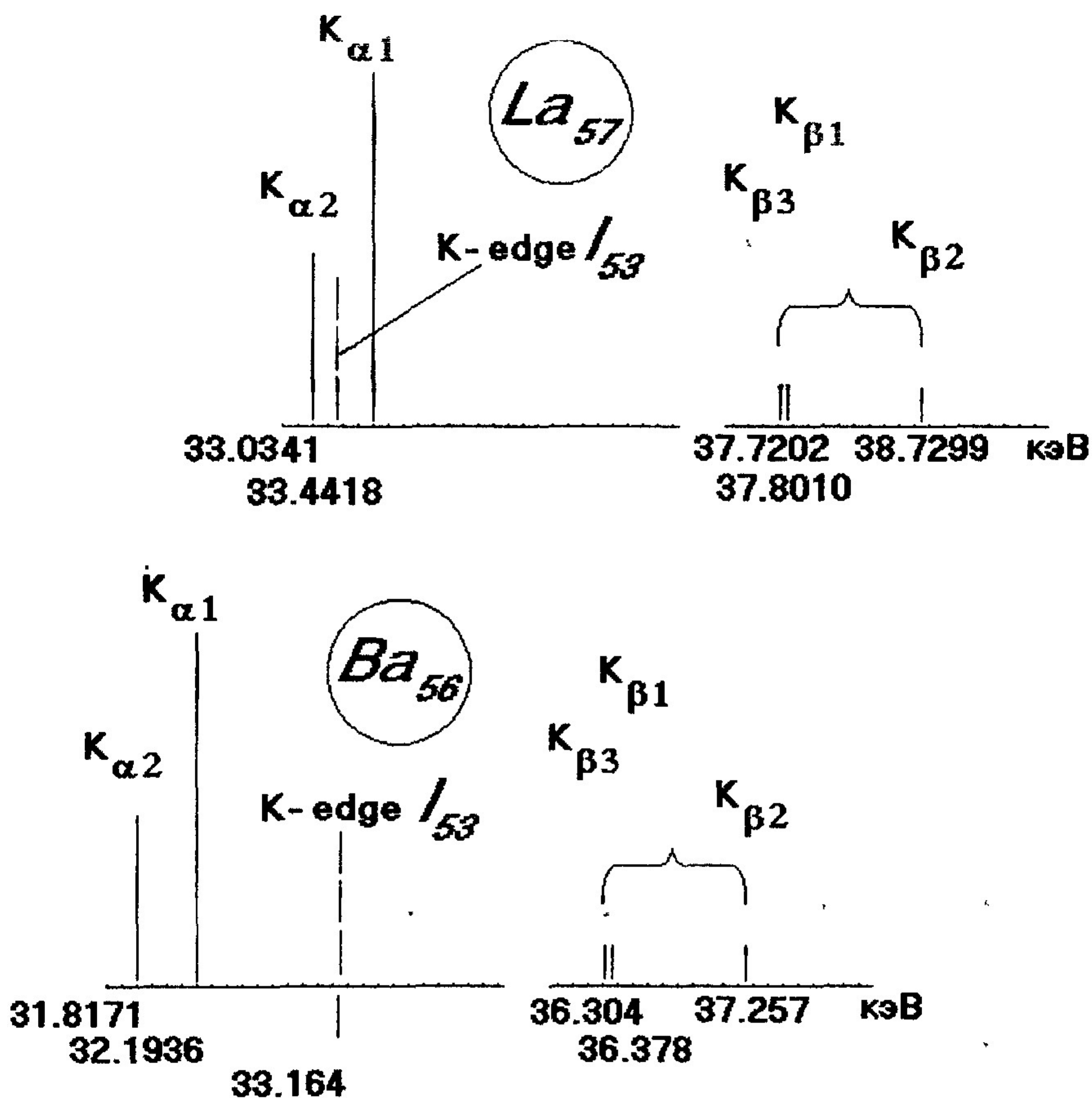


Рис. 1

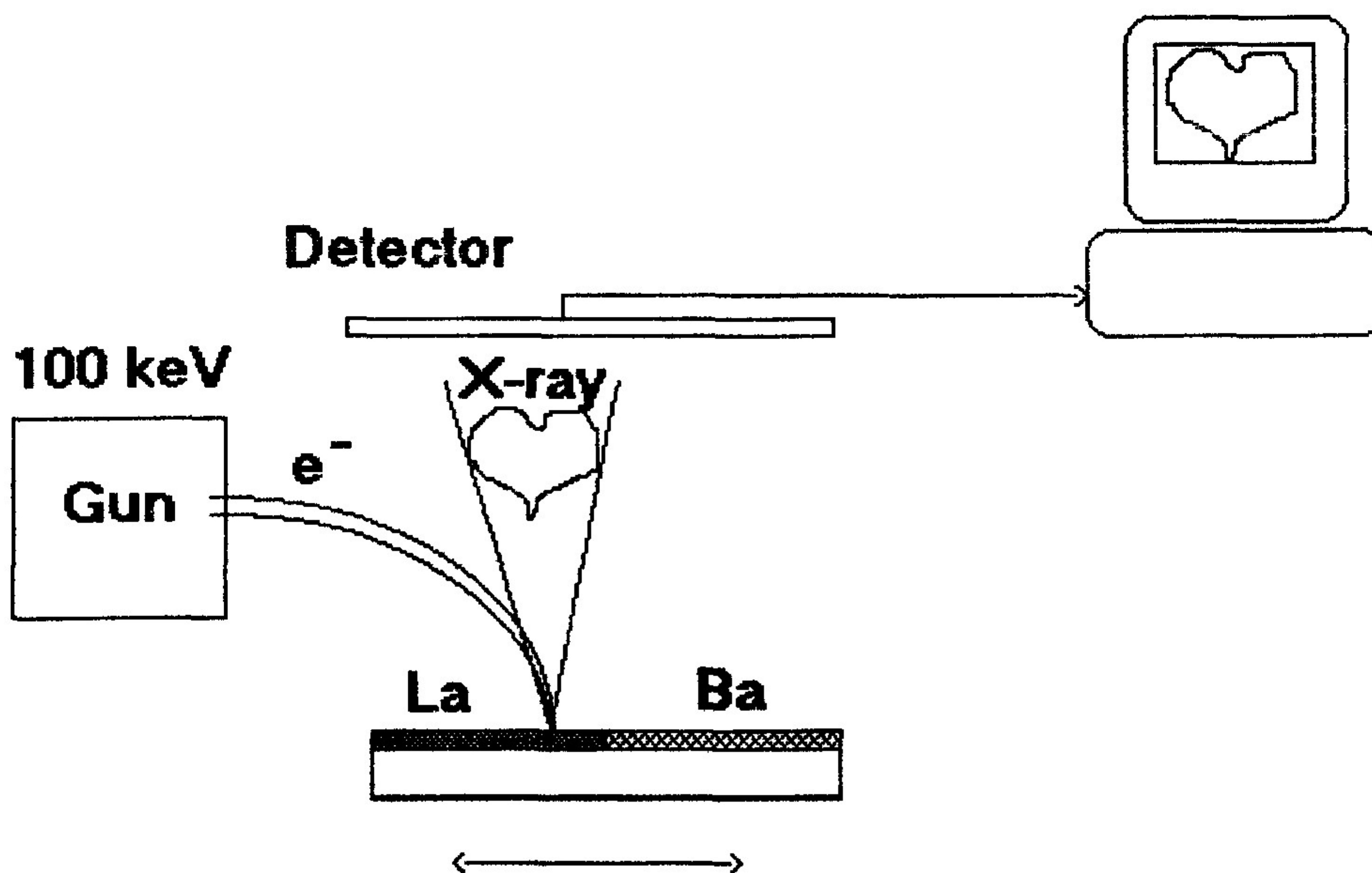
В спектре характеристического излучения лантана  $K_{\alpha 2}$  линия расположена ниже К-края йода, а остальные К-линии выше К-края. В результате контраст изображения будет определяться разностью коэффициентов поглощения йодом  $K_{\alpha 1}$  линий лантана и бария. Соответствующие коэффициенты поглощения всех других линий для бария и лантана будут отличаться незначительно. Коэффициенты поглощения всех К-линий излучения бария и лантана другими элементами, входящими как в состав организма, так и в состав контрастного вещества, также будут иметь близкие значения. Поэтому после вычитания сигналов детектора эти линии не будут проявляться в изображении кровеносных сосудов.

В качестве одного из условий формирования контрастного изображения в предлагаемом проекте предполагается использование острой фокусировки электронного пучка на мишени-радиаторе, что позволит рассматривать источник характеристического излучения как точечный.

Максимальная вероятность К-ионизации атомов радиатора соответствует энергии электронов, превышающей значение энергии ионизации в 2-3 раза. Таким образом, диапазон энергии 70-100 кэВ является оптимальным для электронного источника.



Распределение тормозного излучения, возбуждаемого электронами с такой энергией, имеет минимум под углом  $180^\circ$  к направлению падающих на мишень частиц, поэтому оптимальной с точки зрения уменьшения его вклада является использование излучения из радиатора именно под таким углом. Принципиальная схема предлагаемого рентгеновского источника показана на рис. 2.



Р и с . 2

Поскольку генерация характеристического излучения быстрыми электронами сопровождается интенсивным тормозным излучением, которое в данном случае является фоном, то очевидно, что для успешного решения поставленной задачи необходима предварительная фильтрация излучения по энергиям фотонов. Оценки вклада тормозного фона показывают, что суммарная по спектру энергия тормозного излучения на порядок превышает энергию характеристического излучения. Однако в полосе частот излучения, соответствующей 0,5 кэВ, включающей линию ХРИ, уже интенсивность характеристического излучения на порядок превышает энергию тормозного.

## MEDICINE ROENTGENOGRAPHY SOURCE

*S. V. Blazhevich<sup>1)</sup>, M. N. Beknazarov<sup>1)</sup>, V. K. Grishin<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> *Belgorod State university*

<sup>2)</sup> *Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics*

The contrast medicine X-ray diagnostics based on characteristic radiation is proposed. Two lines of the radiation produced in the nearest-neighbour chemical elements by fast electrons are used in the proposed method. The chemical elements the most suitable for the use as the matter of radiator are pointed out for the case of iodine as a contrast agent.