

УДК 537.86

ГАММА-СКАНЕР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИОХИМИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ

Г.С. АРУТЮНЯН

Национальная научная лаборатория им. А.И. Алиханяна, Ереван, Армения

e-mail: gevharut@mail.yerphi.am

(Поступила в редакцию 20 февраля 2015 г.)

Разработан и испытан гамма-сканер для измерения радиохимической чистоты радиоактивных изотопов. Осуществлено измерение радиологической чистоты пертехнетата натрия. Результаты измерения подтвердили возможность использования устройства при производстве медицинских изотопов.

1. Введение

В Национальной научной лаборатории им. А.И. Алиханяна (ННЛА) разработана методика получения $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ на пучке вторичных гамма-квантов от линейного ускорителя электронов ЛУЭ50 [1–3]. Осуществлены экспериментальные исследования по измерению удельной активности выхода $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ [4–6], показана принципиальная возможность получения указанного медицинского изотопа высокой чистоты альтернативным нереакторным методом.

При производстве медицинских изотопов необходима проверка радиоизотопной и радиохимической чистоты. Общепринятым способом определения радиохимической чистоты радиоизотопа является метод восходящей бумажной хроматографии [7]. Многие производители для контроля радиохимической чистоты изотопов, например $^{99\text{m}}\text{Tc}$, применяют сложные дорогостоящие гамма-анализаторы и сканеры, используя только небольшую часть потенциальных возможностей таких приборов. Необходимые для такого анализа функции вполне можно осуществить намного более простым прибором.

Целью настоящей работы являлась разработка и создание опытного экземпляра такого устройства.

2. Радиохимическая чистота и методика измерения

Радиохимической чистотой называется отношение активности радионуклида, который присутствует в препарате в устойчивой химической форме основного вещества, к общей активности радионуклида в этом препарате, выраженное в процентах [8].

Параметр радиохимической чистоты целесообразно рассмотреть на

примере радиоактивного изотопа технеция ^{99m}Tc , широко применяемого в радиологии при сканировании методом однофотонной компьютерной томографии (ОФКТ) [9].

Независимо от метода получения этого изотопа в конечном продукте присутствует как атомарный Tc, так и ионы пертехнетата натрия NaTcO_4 в виде $[\text{TcO}_4]^-$. Атомарный технеций не участвует в процессах метаболизма живого организма. Главным компонентом радиофармпрепарата на основе пертехнетата натрия являются ионы $[\text{TcO}_4]^-$.

В фармакопейной статье (нормативно-технический документ, устанавливающий требования к качеству лекарственного препарата) по пертехнетату натрия имеется требование к процентному содержанию атомарного Tc – не более 5% от общего количества радиоактивных атомов.

2.1. Метод бумажной хроматографии

В бумажной хроматографии вещества различаются по их относительному положению на бумаге после того, как растворитель пройдет определённое расстояние. Небольшое количество раствора смеси (10–20 мкл), которую нужно разделить, наносят в отмеченную точку на бумаге и высушивают. Полученное пятно называют стартовым. Затем бумагу помещают в герметичную камеру и один её конец погружают в растворитель, который является подвижной фазой. Под действием капиллярных сил растворитель движется по бумаге, растворяя и увлекая за собой компоненты образца. До начала движения образец должен полностью раствориться, поэтому скорость растворения компонентов в подвижной фазе является одним из факторов, определяющих эффективность разделения. После того, как растворитель пройдет определённое расстояние, лист вынимают и сушат. Затем образовавшиеся пятна, которые могут быть как видимыми, так и невидимыми, обнаруживают и отмечают.

2.2. Измерение радиохимической чистоты методом бумажной хроматографии

Поскольку и атомарный Tc, и ионный $[\text{TcO}_4]^-$ являются одинаково радиоактивными, возможно измерение пропорции активностей $\text{Tc}/[\text{TcO}_4]^-$ методом тонкослойной (бумажной) хроматографии. Для этого на один конец тонкой полоски хроматографической бумаги наносят микрокаплю пертехнетата натрия и затем проявляют ее элюатом – метиловым спиртом. Ионная компонента продвигается к противоположному краю хроматографической полоски, а атомарная остается на месте. После этого измерение активности вдоль полоски бумаги дает информацию о соотношении $\text{Tc}/[\text{TcO}_4]^-$.

3. Устройство сканера и принцип его работы

Для измерения радиологической чистоты медицинских изотопов в ННЛА был разработан гамма-сканер для измерения радиологической чистоты

медицинских изотопов.

Блок-схема этого гамма-сканера изображена на рис.1. Гамма-сканер состоит из блока управления, в который входят электронные платы для счета импульсов (5) и для управления шаговым двигателем (7), блока высоковольтного питания, дискриминатора (4), усилителя входного сигнала (3), механизма с шаговым двигателем (8) и сцинтилляционного счетчика (2).

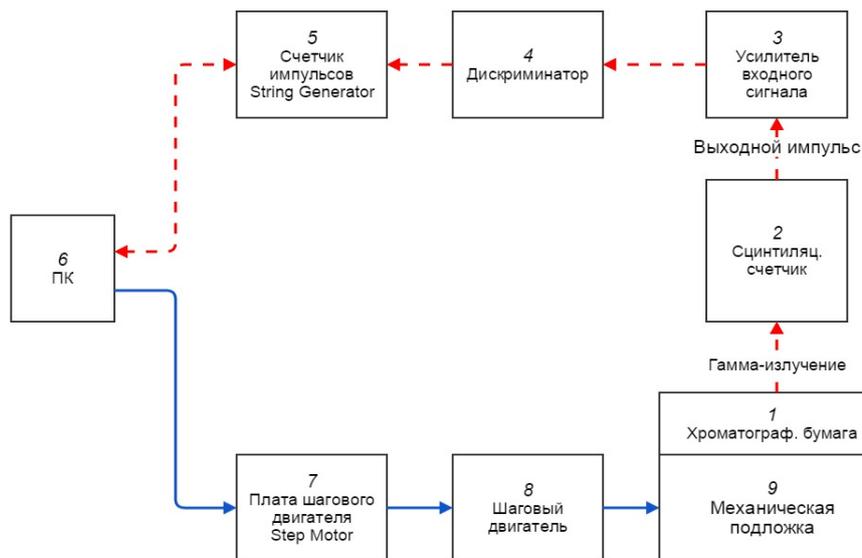


Рис.1. Блок-схема гамма-сканера.

Для осуществления сканирования обработанная хроматографическая бумага (1) ставится на механическую подложку (9). Сцинтилляционный счетчик (2) регистрирует гамма-излучение с данной позиции хроматографической бумаги. Выходной импульс проходит через усилитель (3). Дискриминатор (4) преобразует аналоговые импульсы с детектора в цифровой импульс, который подается на счетчик импульсов (5). Данные отправляются на персональный компьютер ПК (6) через интерфейс RS232. Программное обеспечение суммирует количество импульсов со счетчика в заданном промежутке времени. По окончании заданного промежутка времени счет импульсов на данной позиции хроматографической бумаги заканчивается. ПК отправляет сигнал на плату шагового двигателя (7). Шаговый двигатель перемещает подложку с хроматографической бумагой на следующую позицию. Цикл счета повторяется до последней позиции хроматографической бумаги.

После измерения строится график распределения активности вдоль хроматографической бумаги и измеряется соотношение $Tc/[TcO_4]^-$.

Общий вид гамма-сканера представлен на рис.2.

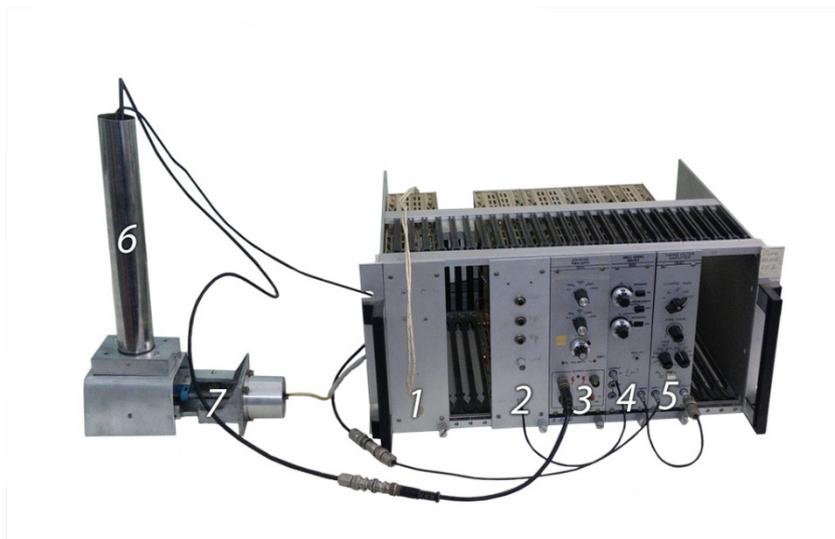


Рис.2. Общий вид гамма-сканнера: 1 – источник питания, 2 – блок управления, 3 – источник высоковольтного питания, 4 – дискриминатор, 5 – усилитель, 6 – сцинтилляционный счетчик, 7 – шаговый двигатель с подложкой для хроматографической бумаги.

Сцинтилляционный счетчик состоит из коллиматора с диаметром отверстия 5 мм, сцинтилляционного кристалла NaI(Tl) с диаметром 22 мм и высотой 35 мм и фотоэлектронного умножителя ФЭУ-87.

Блок управления состоит из двух модулей: электронная плата String Generator, которая осуществляет обработку и счет входных импульсов с сцинтилляционного счетчика, и электронная плата Step Motor, которая осуществляет управление шаговым двигателем. Сцинтилляционный счетчик подключен к источнику высоковольтного питания, а выходной импульс с него усиливается с помощью усилителя, проходит через дискриминатор и подается с него на плату String Generator.

Коммуникация с компьютером осуществляется с помощью порта RS232. На платах String Generator и Step Motor установлены микроконтроллеры PIC, запрограммированные на ассемблере. Программное обеспечение ПК написано в среде Visual Basic 6.

Программное обеспечение позволяет устанавливать следующие параметры сканирования: длину шага, время сканирования каждого шага, количество шагов. После сканирования данные сохраняются в формате DAT-файлов и обрабатываются в Microsoft Office Excel.

4. Измерение радиохимической чистоты пертехнетата натрия

Для осуществления сканирования измеряется активность вдоль хроматографической бумаги и строится график распределения активности соответствующей спектральной линии измеряемого изотопа.

Осуществлено исследование чистоты пертехнетата натрия со следующими параметрами сканирования: шаг сканирования 3мм, время сканирования каждого шага 300 с, количество шагов 13. Результаты сканирования приведены на рис.3.

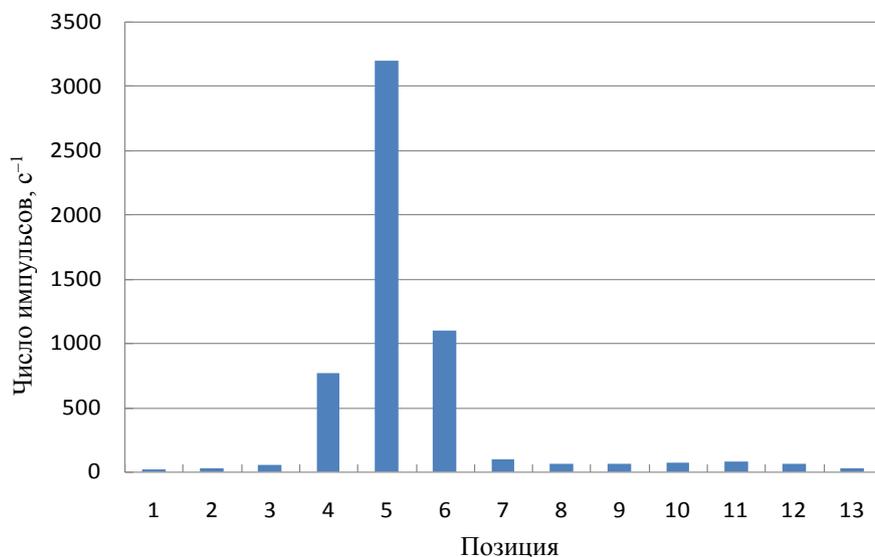


Рис.3. Результаты сканирования пертехнетата натрия.

По произведенному сканированию видно, что ионная часть пертехнетата скопилась в 5-ой позиции хроматографической бумаги. Атомарная составляющая относительно мала по сравнению с ионной частью и наблюдается в позициях 10 и 11 хроматографической бумаги при логарифмическом масштабе.

5. Заключение

Разработано, изготовлено и испытано устройство для измерения радиохимической чистоты радиоактивных изотопов для медицины. Использовался метод восходящей тонкослойной бумажной хроматографии. В качестве детектора использован сцинтилляционный кристалл NaI(Tl). Устройство выводит данные в компьютер и является автономным прибором. Контрольные измерения радиохимической чистоты радиоизотопа технеция ^{99m}Tc показали полное соответствие требованиям, предъявляемым фармакопейной статьей.

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования РА, Программы поддержки инновационных проектов ННЛА (ЕрФИ), а также гранта МАГАТЭ - IAEA CRP-18029(R0).

Автор благодарит А.Э. Аветисяна и Н.М. Оганесяна за поддержку в работе, С.Г. Арутюняна за помощь при проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Р.О. Авакян, А.Э. Аветисян, А.З. Бабаян и др.** Изв. НАН Армении, Физика, **45**, 69 (2010).
2. **А.Э. Аветисян, С.Г. Арутюнян, И.Е. Васинюк и др.** Изв. НАН Армении, Физика, **46**, 389 (2011).
3. **Р.О. Авакян, А.Э. Аветисян и др.** Изв. НАН Армении, Физика, **47**, 9 (2012).
4. **R.H. Avakian, A.E. Avetisyan, R.K. Dallakyan, I.A. Kerobyan.** Armenian Journal of Physics, **6**, 35 (2013).
5. **A.E. Avetisyan.** Proc. Conf. Radiation Safety Challenges in the 21st Century, Yerevan, Armenia, 20–21 June 2012, p.13;
http://www.istc.ru/istc/istc.nsf/va_WebPages/RadiationSafetyArmeniaEng
6. **R.H. Avagyan, A.E. Avetisyan, I.A. Kerobyan, R.K. Dallakyan.** Nuclear Medicine and Biology, **41**, 705 (2014).
7. **И.В. Целищев, Ю.П. Савочкин, М.И. Мельник, Т.Ф. Трепалина.** Радиохимия, **49**, 159 (2007).
8. Национальный Стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р). Ядерная медицина. стр. 9, пункт 72; www.nuclearmedicine.ru/images/files/standart/06.pdf
9. **H. Targholizadeh, G. Raisali, A.R. Jalilian et al.** Nukleonika, **55**, 113 (2010).

ԲԺՇԿԱԿԱՆ ԻԶՈՏՈՊՆԵՐԻ ՌԱԴԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ՄԱՔՐՈՒԹՅԱՆ ՍՏՈՒԳՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԳԱՄՄԱ-ՍՔԱՆԵՐ

Գ.Ս. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Նախագծված, ստեղծված և փորձարկված է զամմա-սքաներ՝ ռադիոակտիվ իզոտոպների ռադիոքիմիական մաքրության չափման համար: Կատարված է նատրիումի պերտեխնետի ռադիոքիմիական մաքրության չափում: Չափման արդյունքները հաստատել են, որ ստեղծված սարքը հնարավոր է կիրառել բժշկական իզոտոպների արտադրության ժամանակ:

GAMMA-SCANNER FOR RADIOCHEMICAL
PURITY CONTROL OF MEDICAL ISOTOPEs

G.S. HARUTYUNYAN

A gamma-scanner for radiochemical purity measurement of medical isotopes was designed and tested. The measurements of radiochemical purity of sodium pertechnetate were done. Results of measurements showed a possibility of device application for medical isotopes production.