

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РАДИЕВЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ В.Г. ХЛОПИНА»
(АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»)**

УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального директора
(должность)

Ванин А.В.
(Ф.И.О.)



(подпись)
(подпись)



« 28 » февраля 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Баймухановой Аягоз Елтаевны

«Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа», представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 2.6.8 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Одним из быстро развивающихся направлений в ядерной медицине является тераностика. В данном подходе используются радиофармпрепараты, меченные радионуклидами одного и того же элемента (или элементов аналогов) с различными ядерно-физическими характеристиками. Эффективным способом получения медицинских радионуклидов является радионуклидный генератор, обеспечивающий доступность радионуклида вне зависимости от ядерных установок, а также высокую удельную активность и радионуклидную чистоту получаемых радиофармпрепаратов.

Диссертационная работа Баймухановой А.Е. посвящена весьма значимой и актуальной теме получения радионуклидов для тераностики. В

работе рассмотрены методики получения радионуклидов посредством радионуклидных генераторов, а также методики их получения и выделения из облученных протонами мишеней.

Работа выполнена на кафедре химии высоких энергий и радиоэкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» и в Лаборатории ядерных проблем имени Д. И. Менделеева Международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований.

На основе детального анализа современного состояния вопроса, различных радионуклидов 3-валентных элементов для тераностики, научных и технических аспектов их получения и выделения автором были определены основные направления работы и научного обоснования эффективного разделения 3-валентных и соседних элементов (2-, 4- валентных) с использованием селективных химических систем. В основу работы положены результаты исследований сорбции Th(IV), Ge(IV), Zr(IV), Y(III), Ac(III), Sr(II) и Ra(II), полученные автором, на ионообменных и экстракционных смолах в карбоновых кислотах.

Несомненной научной новизной обладает предложенный радионуклидный генератор $^{86}\text{Zr} \rightarrow ^{86}\text{Y}$, а также разработанная методика получения ^{86}Zr по реакции $\text{Y}(p, 4n)$ с протонами в диапазоне энергий 70–45 МэВ. Предложена новая реверсная схема генераторов для получения ^{68}Ga и ^{90}Y , которые основаны на ионообменной хроматографии в среде щавелевой и соляной кислот, и уксусной кислоты и ацетата аммония соответственно.

Впервые изучена сорбция германия, циркония и иттрия на катионите Dowex 50×8 и анионите Dowex 1×8 в смесях щавелевой – соляной кислот; циркония и иттрия на экстракционной смоле UTEVA Resin в растворах щавелевой кислоты; тория, актиния и радия, а также актиния и радия с макроколичеством тория на катионите Dowex 50×8 в среде

трихлоруксусной кислоты; стронция и иттрия на катионите Dowex 50×8 и анионите Dowex 1×8 в растворах уксусной кислоты и смеси уксусной кислоты и ацетата аммония.

Новыми результатами работы являются сформулированные общие параметры методик выделения радиопрепаратов германия из макроколичеств галлия, циркония из макроколичеств иттрия, актиния и радия из макроколичеств тория с высоким радиохимическим выходом и степенями очистки. Предложен новый метод растворения и комплексообразования тория в трихлоруксусной кислоте, а также селективное выделение актиния и радия на катионите в данной среде.

Научные положения, выводы и заключения автора обоснованы и достоверны.

Значимость результатов определяется тем, что:

- разработанные радионуклидные генераторы $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$, $^{86}\text{Zr} \rightarrow ^{86}\text{Y}$ и $^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$ дают возможность получения медицинских радионуклидов ^{68}Ga , ^{86}Y и ^{90}Y ;
- разработанная методика выделения ^{225}Ac из макроколичеств тория позволяет увеличить его наработку за счёт использования массивных мишеней тория, а также попутно извлечь радиоизотопы радия;
- результаты проведенной оценки сорбционного поведения II, III и IV валентных элементов на ионообменных и экстракционных смолах в среде карбоновых кислот возможно использовать при разделении элементов в соответствующих отраслях, а также для оценки их химических свойств.

Результаты диссертационной работы представляют практический интерес для научно-исследовательских институтов, занимающихся разработкой методик получения радионуклидов и радиофармпрепаратов, помимо этого для организаций, занимающихся непосредственно производством радионуклидов. Результаты, представленные в диссертации, могут использоваться в учебных курсах для магистров и аспирантов, проходящих обучение по специальности 1.4.13 – Радиохимия и 2.6.8 -

Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 161 наименований. Работа изложена на 126 страницах печатного текста, включает 44 рисунка и 16 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, положения, выносимы на защиту, изложены научная новизна и практическая значимость работы.

Глава 1. Литературный обзор посвящен комплексообразованию двух-, трех-, четырехвалентных элементов с карбоновыми кислотами и механизмам их сорбции на органических сорбентах.

Глава 2. Приведены методики получения радионуклидов из радионуклидных генераторов и посредством облучения на ускорителях, а также методики их химического выделения/разделения. Описана методика проведения экспериментов по определению коэффициентов распределения с радиоактивной меткой целевых элементов.

Глава 3. Исследована сорбция радиоизотопов циркония и иттрия в системах: анионит Dowex 1×8 и экстракционная смола UTEVA Resin в растворах щавелевой кислоты; Dowex 1×8 и Dowex 50×8 с 0.005 М $C_2H_2O_4 - HCl$. На основе полученных результатов разработана методика получения радиопрепаратов ^{86}Y из генератора, а также материнского ^{86}Zr из облученного иттрия протонами с энергией 70 МэВ со степенью очистки $7 \cdot 10^6$. Определены условия облучения иттрия для наработки максимального количества ^{86}Zr с радионуклидной чистотой 99.6%.

Глава 4. Исследована сорбция радиогермания на ионообменных смолах Dowex 1×8 и Dowex 50×8 в смесях щавелевой и соляной кислот. Предложен радионуклидный генератор $^{68}Ge \rightarrow ^{68}Ga$ с прямой и реверсной схемами с высоким выходом 75-80%. Разработаны методики выделения радиогермания из мишеней галлия на основе комбинированных экстракционной и катионообменной хроматографиях в азотнокислой среде, и экстракционной хроматографии в трихлоруксусной среде со степенью

очистки $7 \cdot 10^4$.

Глава 5. Описана разработанная реверсная схема генератора $^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$ на Dowex 50×8 – раствор $0.1 \text{ MCH}_3\text{COOH} / 0.5 \text{ MCH}_3\text{COONH}_4$ с выходом дочернего радионуклида 70% и проскоком $^{90}\text{Sr} < 4 \cdot 10^{-3} \%$. Исследована сорбция стронция и иттрия на катионите в смеси уксусной кислоты и ацетата аммония.

Глава 6. Исследовано селективное извлечение радионуклидов актиния и радия из макроколичеств тория, облученного протонами средних энергий, на катионите в трихлоруксусной среде. Используемые количества реактивов (1 мл смолы и 10 мл раствора на 1 г тория) позволяют масштабировать методику для мишеней тория до 300 г для увеличения количеств нарабатываемого актиния. Методика обеспечивает выход актиния и радия $\geq 95\%$.

Результаты работы представлены в научной печати и докладывались на международных научно-технических конференциях. Основное содержание работы отражено в 14 работах, из них 3 в изданиях, индексируемых в международных базах данных (Web of Science, Scopus).

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Вместе с тем к изложению диссертации имеется несколько замечаний:

1. Из текста работы не очень понятно, в чём заключается отличие предлагаемых автором методик от известных, и какие характеристики учитывались при сравнении и выборе лучшей методики?

2. Какое время требуется для выделения ^{86}Y с учётом того, что периоды полураспада в паре используемых в генераторе радионуклидов $^{86}\text{Zr} \rightarrow ^{86}\text{Y}$ очень близки?

3. Автором не указано, проводится ли контроль содержания органических соединений (продуктов разложения смолы) в конечном продукте, и какова, в этой связи, химическая чистота получаемого радионуклида?

Однако указанные недостатки являются непринципиальными и не

умалют достоинства диссертационной работы. Достоверность полученных автором результатов подтверждается использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, воспроизводимостью результатов, а также согласованностью результатов с опубликованными данными, представленными в независимых источниках по близкой тематике.

По своему содержанию диссертационная работа Баймухановой А.Е. соответствует паспорту научной специальности 2.6.8 - «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» в части направления исследований 8 «Конверсия достижений технологии редких металлов и ядерной технологии, использование опыта эксплуатации типичных для данной отрасли промышленности процессов (сорбция, экстракция, плазменные, пламенные процессы и т.п.) для создания малоотходных, ресурсосберегающих технологических схем других отраслей промышленности».

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены обоснованные технические решения по актуальной проблеме, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

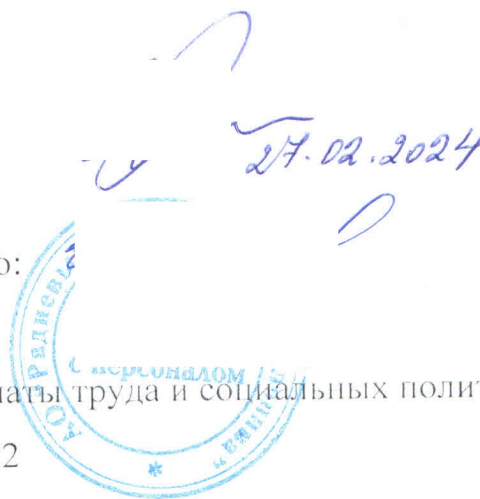
По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.8 - «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» и требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор – Баймуханова Аягоз Елтаевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.8 - «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Отзыв на кандидатскую диссертацию Баймухановой Аягоз Елтаевны рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», протокол № 78 от «22» февраля 2024 года.

Смирнов Игорь Валентинович,
Учёный секретарь,
Доктор химических наук (02.00.14 - радиохимия),
старший научный сотрудник,
Тел.: +7 (921)949-43-13
E-mail: igor_smirnov@khlopin.ru

Подпись Смирнова И.В. заверяю:
Михайлова Ирина Валерьевна,
главный специалист группы оплаты труда и социальных политик
Тел.: +7 (812)346-90-29 доб. 4092
E-mail: MikhaylovaIV@khlopin.ru

27.02.2024



Акционерное общество «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»
194021, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-ой Муринский проспект, дом 28
Телефон: +7 (812)346-90-29
E-mail: radium@khlopin.ru