

«УТВЕРЖДАЮ»



И.о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева,
проф. И. В. Воротынцев

«26» октября 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа» выполнена на кафедре химии высоких энергий и радиоэкологии в ИМСЭН-ИФХ РХТУ имени Д.И. Менделеева и в Научно–экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Джелэпова Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований (ЛЯП ОИЯИ).

В процессе подготовки диссертации Баймуханова Аягоз Елтеевна, «11» августа 1988 года рождения, являлась научным сотрудником в Научно–экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ, аспирантом кафедры химии, новых технологий и материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Университет «Дубна» с 1 сентября 2015 г. по 16 сентября 2021 г., а также аспирантом кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико–технологический университет имени Д.И. Менделеева» с 27 сентября 2021 г. по 31 августа 2022 г, в настоящий момент является соискателем кафедры химии высоких энергий и радиологии.

Справки об обучении в аспирантуре с указанием сданных кандидатских экзаменов выданы: Университетом «Дубна» в 2021 году и Российским химико–технологическим университетом имени Д.И. Менделеева в 2023 году.

Научный руководитель: кандидат химических наук (специальность 05.17.01 Технология неорганических веществ), заведующий кафедрой химии высоких энергий и радиозэкологии Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Магомедбеков Эльдар Парпачевич.

Научный консультант: кандидат химических наук (специальность 02.00.14 Радиохимия), начальник сектора №4 Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ Философов Дмитрий Владимирович.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа» принято следующее заключение: рекомендовать к защите. Результаты, представленные в диссертационной работе, получены Баймухановой Аягоз Елтаевной лично.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью получения медицински значимых III валентных радионуклидов с высокой радионуклидной чистотой и удельной активностью.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Предложен радионуклидный генератор $^{86}\text{Zr} \rightarrow ^{86}\text{Y}$. Разработана методика получения ^{86}Zr по реакции $\text{Y}(p, 4n)$ с протонами в диапазоне энергий 70–45 МэВ.
2. Предложена схема радионуклидного генератора $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$, основанная на анионообменной хроматографии в оксалатно-хлористоводородной среде с различными модами элюирования: прямой и реверсной.
3. Разработана химическая схема выделения изотопов Ge(IV) из мишеней галлия, облученных протонами на основе экстракции из жидкой мишени с последующей рекстракцией на DGA Resin в среде трихлоруксусной кислоты.
4. Предложена реверсная схема радионуклидного генератора $^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$,

основанная на катионообменной хроматографии в среде уксусной кислоты – ацетата аммония.

5. Разработана методика растворения тория в комплексообразующей трихлоруксусной кислоте в целях хроматографического выделения Ac(III) и Ra(II) на катионите. Разработана методика выделения изотопов Ac(III) и Ra(II) – продуктов реакции глубокого расщепления – из облученных протонами мишеней тория с возможностью масштабирования.

6. Впервые определены коэффициенты распределения Ge(IV), Zr(IV) и Y(III) на катионите Dowex 50×8 и анионите Dowex 1×8 в смесях этандиовой и хлористоводородной кислот; Zr(IV) и Y(III) на экстракционной смоле UTEVA Resin в растворах этандиовой кислоты; Th(IV), Ac(III) и Ra(II), а также Ac(III) и Ra(II) с макроколичеством тория на катионите Dowex 50×8 в среде трихлоруксусной кислоты; Sr(II) и Y(III) на катионите Dowex 50×8 и анионите Dowex 1×8 в растворах уксусной кислоты и смеси уксусной кислоты и ацетата аммония.

Практическая значимость работы состоит в следующем:

1. 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 .

2. Разработанная методика выделения ^{225}Ac из макроколичеств тория позволяет увеличить его наработку за счет использования массивных мишеней тория, а также попутно извлечь радиоизотопы радия.

3. Результаты проведенной оценки сорбционного поведения II, III и IV валентных элементов на ионообменных и экстракционных смолах в средах карбоновых кислот возможно использовать при разделении элементов в соответствующих отраслях, а также для оценки их химических свойств.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 14 печатных изданиях, в том числе в журналах, входящих в международные базы данных научного цитирования – 3 статьи.

Публикации, в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Baimukhanova A., Engudar G., Marinov G., Kurakina E., Dadakhanov J., Karaivanov D., Yang H., Ramogida C.F., Schaffer P., Magomedbekov E.P., Filosofov D., Radchenko V. An alternative radiochemical separation strategy for isolation of Ac and Ra isotopes from high energy proton irradiated thorium targets for further application in Targeted Alpha Therapy (TAT) // Nuclear medicine and biology. 2022. V. 112–113. P. 35–43 (Scopus).
2. Dadakhanov J., Marinova A., Baimukhanova A., Karaivanov D., Temerbulatova N., Kozempel J., Roesch F., Filosofov D. Sorption of various elements on ion-exchange resins in acetic media // Journal of radioanalytical and nuclear chemistry. 2021. V. 327. N. 9. P.1191–1199 (Scopus).
3. Baimukhanova A., Radchenko V., Kozempel J., Marinova A., Brown V., Karandashev V., Karaivanov D., Schaffer P., Filosofov D. Utilization of (p, 4n) reaction for ^{86}Zr production with medium energy protons and development of a $^{86}\text{Zr} \rightarrow ^{86}\text{Y}$ radionuclide generator // Journal of radioanalytical and nuclear chemistry. 2018, V. 316. P. 191–199 (Scopus).

Прочие публикации:

1. Баймуханова А.Е., Чакрова Е.Т., Караиванов Д.В., Коземпель Я., Рёш Ф., Философов Д.В. Получение позитрон-излучающего радионуклида ^{68}Ga : радиохимическая схема радионуклидного генератора $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$ // Вестник Казахского национального университета им. аль-Фараби, серия химическая. 2018. Т. 89. № 2. С. 20–26.

Результаты диссертации представлены на 8 международных и всероссийских конференциях: X Российская конференция с международным участием «Радиохимия–2022» (Санкт–Петербург, Россия, 2022); IX Российская конференция с международным участием «Радиохимия–2018»

(Санкт–Петербург, Россия, 2018); 18th Radiochemical conference (Marianske Lasne, Czech Republic, 2018); The third International Symposium on Technetium and other Radiometals in Chemistry and Medicine (Bressanone, Italy, 2018); International conference on chemistry and material science, 2017 (Rome, Italy); International scientific forum «Nuclear Science and Technologies» (Almaty, Kazakhstan, 2017); 10th International Symposium on Targeted Alpha Therapy (Kanazawa, Japan, 2017); The XX International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS–2016) (Dubna, Russia, 2016).

Публичные доклады на международных научных мероприятиях:

1. Baimukhanova A., Chakrova E., Roesch F., Kozempel J., Filosofov D. Production of positron emitter radionuclide ^{68}Ga via generator $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$ // 18th Radiochemical conference: booklet of abstracts (Marianske Lasne, Czech Republic, 13–18 May 2018). Czech Chemical Society Symposium Series, 2018. V. 16. N. 2. P. 248.
2. Baimukhanova A., Radchenko V., Marinov G., Marinova A., Karaivanov D., Robertson A., Yang H., Mynerich J., Ramogida C., Ladouceur K., Schaffer P., Filosofov D. An alternative separation strategy for the isolation of Ac and Ra isotopes from thorium targets irradiated with high energy protons // The third International Symposium on Technetium and other Radiometals in Chemistry and Medicine (Terachem 2018): book of abstracts (Bressanone, Italy, 26–29 September 2018). Nuclear medicine and biology, 2019. V. 72–73. Suppl. 1. P. S32.
3. Radchenko V., Baimukhanova A., Schaffer P., Filosofov D., Marinova A., Marinov G., Karaivanov D., Robertson A., Yang H., Mynerich J., Ramogida C., Ladouceur K. Production of ^{225}Ac and ^{225}Ra for targeted alpha therapy via spallation on thorium: overview of radiochemical strategies and need for separation from large thorium targets // The third International Symposium on Technetium and other Radiometals in Chemistry and Medicine (Terachem 2018): book of abstracts (Bressanone, Italy, 26–29 September 2018). Nuclear medicine and biology, 2019. V. 72–73. Suppl. 1. P. S5.

4. Baimukhanova A., Kozempel J., Radchenko V., Marinova A., Karaivanov D., Filosofov D. Utilization of (p, 4n) reaction potential for medical isotopes production with medium energy protons: $^{86}\text{Zr}/^{86}\text{Y}$ // International conference on chemistry and material science: book of abstracts (Rome, Italy, 18–20 October 2017). Rome: Scientific tree conference, 2017. P.50.
5. Баймуханова А.Е., Радченко В.И., Философов Д.В. Схема разделения ^{225}Ac из облученных ториевых мишеней // Международный научный форум «Ядерная наука и технологии»: сборник тезисов (Алматы, Казахстан, 12–15 сентября 2017). Алматы: Изд-во Института ядерной физики РК, 2017. С. 401.
6. Radchenko V., Baimukhanova A., Marinova A., Karaivanov D.V., Robertson A., Ramogida C.F., KunzP., Ladouceur K., Schaffer P., Filosofov D. Behavior of Ac, Th and Ra on cation exchange resin in hydrochloric and trichloroacetic acids: Towards an alternative separation strategy for ^{225}Ac from irradiated thorium targets // 10th International Symposium on Targeted Alpha Therapy: book of abstracts (Kanazawa, Japan, 30 May – 1 June 2017). P.88.
7. Baimukhanova A., Marinov G., Filosofov D. Distribution coefficients of ^{68}Ge on ion exchange resin // The XX International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS–2016): book of abstracts (Dubna, Russia, 14–18 March 2016). Dubna: JINR, 2016. P.7.

Публичные доклады на всероссийских научных мероприятиях:

1. Баймуханова А., Караиванов Д.В., Воробьева М.Ю., Магомедбеков Э.П., Философов Д.В. Выделение изотопов германия из облученных мишеней галлия // X Российская конференция с международным участием «Радиохимия 2022»: сборник тезисов (Санкт–Петербург, 26–30 сентября 2022 г.). Москва: Изд-во ООО «Адмиралпринт», 2022. С. 72.
2. Баймуханова А.Е., Радченко В.И., Маринова А.П. Маринов Г.М., Куракина Е.С., Караиванов Д.В., Философов Д.В. Выделение изотопов актиния и радия из облученной протонами ториевой мишени // IX Российская конференция с международным участием «Радиохимия 2018»: сборник тезисов (Санкт–Петербург, 17–20 сентября 2018 г.). С. 477.

3. Радченко В.И., Баймуханова А., Робертсон А. Р., Рамогида К.Ф., Янг Х., Костельник Т., Ли Л., Симнунич М., Енгл Д., Бархард Т., Алусло Э., Элисон П., П. Ольсон Э., Куракина Е., Маринова А., Маринов Г., Караиванов Д., Хёер К., Бенард Ф., Орвиг К., Шафер П., Философов Д. Развитие программы по наработке и использованию терапевтических радиоизотопов в ТРИУМФ // IX Российская конференция с международным участием «Радиохимия 2018»: сборник тезисов (Санкт–Петербург, 17–20 сентября 2018 г.). С. 514.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части 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.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Баймухановой Аягоз Елтаевны является завершенной научно–квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Баймухановой Аягоз Елтаевне; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям пп. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в федеральном

государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация рассмотрена на расширенном заседании кафедры химии высоких энергий и радиозекологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», состоявшемся «17» октября 2023 года, протокол № 2. В обсуждении приняли участие д.х.н., проф. Очкин А.В., к.х.н., доц. Э.П. Магомедбеков, д.т.н., доц. Растунова И.Л., д.х.н., проф. Степанов С.И., к.т.н., доц. Тюпина Е.А., к.х.н., доц. Богородская М.А., к.х.н. Философов Д.В., д.ф.–м.н. Якушев Е.А., к.х.н. Меркушкин А.О., асс. Прядко А.В., асс. Козлов П.П., асс. Покальчук В.С., к.т.н. Мамаева Н.Б., к.х.н. Антропова И.Г., д.х.н., проф. Конюхов В.Ю., ст. преп. Фенин А.А., к.т.н. Обручиков А.В.

Принимало участие в голосовании 17 человек. Результаты голосования: «За» - 17 человек, «Против» - нет, «Воздержались» – нет, протокол № 2 от 17 октября 2023 г.

Председатель заседания,
зав. каф. ХВЭиРЭ,
к.х.н., доцент

Э.П. Магомедбеков

Секретарь заседания
доцент, к.х.н.

И.Г. Антропова

ПРОТОКОЛ

расширенного заседания кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии
ИМСЭН-ИФХ федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-
технологический университет имени Д.И. Менделеева»

от «17» октября 2023 г. № 2

Присутствовали:

1. зав. кафедрой ХВЭиРЭ, к.х.н., доц. Эльдар Парпачевич Магомедбеков,
2. профессор – консультант, д.х.н. проф., Александр Васильевич Очкин,
3. профессор, д.х.н., проф. Валерий Юрьевич Конюхов,
4. доцент, к.х.н., доц. Марина Анатольевна Богородская,
5. доцент, к.т.н., доц. Екатерина Александровна Тюпина,
6. доцент, к.х.н. Алексей Олегович Меркушкин,
7. доцент, к.х.н. Ирина Геннадьевна Антропова,
8. доцент, к.т.н. Александр Валерьевич Обручиков,
9. старший преподаватель Анатолий Александрович Фенин
10. асс. Павел Павлович Козлов
11. асс. Артем Викторович Прядко
12. асс. Вероника Сергеевна Покальчук
13. зав.лаб., к.т.н. Наталья Борисовна Мамаева
14. зав. кафедрой ТИ ВЭ, д.т.н., доц. Ирина Леонидовна Растунова
15. зав. кафедрой ТРЭН, д.х.н., проф. Сергей Илларионович Степанов
16. научный сотрудник НЭОЯСиРХ Аягоз Елтаевна Баймуханова
17. начальник НЭОЯСиРХ, д.ф.–м.н. Евгений Александрович Якушев
18. начальник сектора №4 НЭОЯСиРХ, к.х.н. Дмитрий Владимирович
Философов

Всего присутствовало: 18 человек.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Предварительное рассмотрение диссертационной работы научного сотрудника Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ Баймухановой Аягоз Елтаевны на тему: «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа», аспиранта кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии Института материалов современной энергетики и нанотехнологии – ИМСЭН-ИФХ Российского химико-технологического университета имени Д.И.

Менделеева с 27 сентября 2021 года и аспирантом кафедры химии, новых технологий и материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Университет «Дубна» с 1 сентября 2015 г. по 16 сентября 2021 г. Работа выполнена на кафедре химии высоких энергий и радиозэкологии в ИМСЭН-ИФХ РХТУ имени Д.И. Менделеева и Научно–экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Дзержинского Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований (ЛЯП ОИЯИ).

Тема диссертационной работы Баймухановой Аягоз Елтаевны, научный руководитель кандидат химических наук, заведующий кафедрой химии высоких энергий и радиозэкологии Российского химико–технологического университета имени Д.И. Менделеева Магомедбеков Эльдар Парпачевич и научный консультант кандидат химических наук, начальник сектора №4 Научно–экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ Философов Дмитрий Владимирович, утверждены на заседании Ученого совета Российского химико–технологического университета имени Д.И. Менделеева 09.10.2023 г. (протокол №5).

СЛУШАЛИ:

Сообщение Баймухановой Аягоз Елтаевны, изложившей основное содержание диссертационной работы на тему: «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа», представляемой на соискание ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Баймухановой Аягоз Елтаевны были заданы следующие вопросы:

к.т.н., доц. Тюпиной Е.А. В работе требуется уточнить цель, также есть замечания редакционного характера: «угол наклона «минус».

д.т.н., доц. Растуновой И.Л. Объясните, почему выбраны такие концентрации реагентов (слайд 17 презентации)? Проводили оптимизацию процесса? Какой критерий оптимальности?

к.х.н., доц. Богородской М.А. В работе необходимо было подготавливать элюаты или они уже были готовы? Какая изотоническая концентрация? При рассмотрении слайда 22 наблюдается проскок, он больше в прямой или реверсной схеме радионуклидного генератора? Что подразумевается под «проскоком»? Это потери материнского радионуклида по отношению к активности материнского? В чем смысл использования реверсного

радионуклидного генератора? Какие преимущества радионуклидных генераторов? При использовании реверсного радионуклидного генератора имеются потери? Эти потери велики? Куда смываются эти растворы?

к.х.н., Меркушкиным А.О. Как Вы определили на графике оптимум (слайд 15 презентации)? Попробуйте перестроить в других координатах, чтоб явно был отмечен оптимум.

д.х.н., проф. Степановым С.И. Что такое «экстракционные смолы»? Это твердые экстрагенты или это импрегнанты? В Вашей работе какие использованы экстрагенты? Через какое-то время осуществляется просок (слайд 22 презентации)? В работе приведены коэффициенты распределения, нет коэффициентов разделения. В каком варианте распределение: статическом или динамическом? В динамическом режиме коэффициенты распределения снижаются? Поясните.

На заданные вопросы Баймухановой А.Е. даны аргументированные ответы.

В обсуждении приняли участие д.х.н., проф. Очкин А.В., к.х.н., доц. Э.П. Магомедбеков, д.т.н., доц. Растунова И.Л., д.х.н., проф. Степанов С.И., к.т.н., доц. Тюпина Е.А., к.х.н., доц. Богородская М.А., к.х.н. Философов Д.В., д.ф.-м.н. Якушев Е.А., к.х.н. Меркушкин А.О., асс. Прядко А.В., асс. Козлов П.П., асс. Покальчук В.С., к.т.н. Мамаева Н.Б., к.х.н. Антропова И.Г., д.х.н., проф. Конюхов В.Ю., ст. преп. Фенин А.А., к.т.н. Обручиков А.В.

ПОСТАНОВИЛИ:

Заслушав и обсудив диссертационную работу Баймухановой Аягоз Елтаевны, принять следующее заключение.

Председатель заседания,

зав. каф. ХВЭиРЭ,

к.х.н., доц.

Э.П. Магомедбеков

Секретарь заседания

доцент, к.х.н.

И.Г. Антропова

УТВЕРЖДАЮ

Директор Международной межправительственной организации
Объединенный институт ядерных исследований
д.ф.-м.н., академик РАН Г. В. Трубников

« 16 » ~~сентября~~ ^{октября} 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Баймухановой Аягоз Елтаевны на тему «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа» по научной специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов на соискание ученой степени кандидата химических наук выполнена в Научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Джелепова Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований (ЛЯП ОИЯИ) и на кафедре химии высоких энергий и радиозэкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

В процессе подготовки диссертации Баймуханова Аягоз Елтаевна, «11» августа 1988 года рождения, являлась научным сотрудником в Научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ; с 1 сентября 2015 г. по 16 сентября 2021 г. аспирантом кафедры химии, новых технологий и материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Университет «Дубна»; с 27 сентября 2021 г. по 31 августа 2022 г. аспирантом кафедры химии высоких энергий и радиозэкологии, а также с 01.10.2023 и по сей день является соискателем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Справка об обучении в аспирантуре выдана Российским химико-технологическим университетом имени Д.И. Менделеева в 2023 году.

Научный руководитель:

– кандидат химических наук (специальность 05.17.01 Технология неорганических веществ), заведующий кафедрой химии высоких энергий и

радиоэкологии Российского химико–технологического университета имени Д.И. Менделеева Магомедбеков Эльдар Парпачевич.

Научный консультант:

– кандидат химических наук (специальность 02.00.14 Радиохимия), начальник сектора №4 Научно–экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ Философов Дмитрий Владимирович.

По результатам рассмотрения диссертации Баймухановой Аягоз Елгаевны на тему «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью получения медицински значимых III валентных радионуклидов с высокой радионуклидной чистотой и удельной активностью.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Предложен радионуклидный генератор $^{86}\text{Zr} \rightarrow ^{86}\text{Y}$. Разработана методика получения ^{86}Zr по реакции $\text{Y}(p, 4n)$ с протонами в диапазоне энергий 70–45 МэВ.
2. Предложена схема радионуклидного генератора $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{58}\text{Ga}$, основанная на анионообменной хроматографии в оксалатно–хлористоводородной среде с различными модами элюирования: прямой и реверсной.
3. Разработана химическая схема выделения изотопов Ge(IV) из мишеней галлия, облученных протонами на основе экстракции из жидкой мишени с последующей реэкстракцией на DGA Resin в среде трихлоруксусной кислоты.
4. Предложена реверсная схема радионуклидного генератора $^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$, основанная на катионообменной хроматографии в среде уксусной кислоты – ацетата аммония.
5. Разработана методика растворения тория в комплексообразующей трихлоруксусной кислоте в целях хроматографического выделения Ac(II) и Ra(II) на катионите. Разработана методика выделения изотопов Ac(III) и Ra(II) – продуктов реакции глубокого расщепления – из облученных протонами мишеней тория с возможностью масштабирования.
6. Впервые определены коэффициенты распределения Ge(IV), Zr(IV) и Y(III) на катионите Dowex 50×8 и анионите Dowex 1×8 в смесях этандиовой и хлористоводородной кислот; Zr(IV) и Y(III) на экстракционной смоле UTEVA Resin в растворах этандиовой кислоты; Th(IV), Ac(III) и Ra(II), а также Ac(III) и Ra(II) с макроколичеством тория на катионите Dowex 50×8 в

6. среде трихлоруксусной кислоты; Sr(II) и Y(III) на катионите Dowex 50×8 и анионите Dowex 1×8 в растворах уксусной кислоты и смеси уксусной кислоты и ацетата аммония.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в следующем:

1. 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 .

2. Разработанная методика выделения ^{225}Ac из макроколичеств тория позволяет увеличить его наработку за счет использования массивных мишеней тория, а также попутно извлечь радиоизотопы радия.

3. Результаты проведенной оценки сорбционного поведения II, III и IV валентных элементов на ионообменных и экстракционных смолах в средах карбоновых кислот возможно использовать при разделении элементов в соответствующих отраслях, а также для оценки их химических свойств.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 14 печатных изданиях, в том числе в журналах, входящих в международные базы данных научного цитирования – 3 статьи.

Публикации, в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Baimukhanova A., Engudar G., Marinov G., Kurakina E., Dadakhanov J., Karaivanov D., Yang H., Ramogida C.F., Schaffer P., Magomedbekov E.P., Filosofov D., Radchenko V. An alternative radiochemical separation strategy for isolation of Ac and Ra isotopes from high energy proton irradiated thorium targets for further application in Targeted Alpha Therapy (TAT) // Nuclear medicine and biology. 2022. V. 112–113. P. 35–43 (Scopus).

2. Dadakhanov J., Marinova A., Baimukhanova A., Karaivanov D., Temerbulatova N., Kozempel J., Roesch F., Filosofov D. Sorption of various elements on ion-exchange resins in acetic media // Journal of radioanalytical and nuclear chemistry. 2021. V. 327. N. 9. P.1191–1199 (Scopus).

3. Baimukhanova A., Radchenko V., Kozempel J., Marinova A., Brown V., Karandashev V., Karaivanov D., Schaffer P., Filosofov D. Utilization of (p, 4n) reaction for ^{86}Zr production with medium energy protons and development of a $^{86}\text{Zr} \rightarrow ^{86}\text{Y}$ radionuclide generator // Journal of radioanalytical and nuclear chemistry. 2018, V. 316. P. 191–199 (Scopus).

Прочие публикации:

1. Баймуханова А.Е., Чакрова Е.Т., Караиванов Д.В., Коземпель Я., Рёш Ф., Философов Д.В. Получение позитрон-излучающего радионуклида ^{68}Ga : радиохимическая схема радионуклидного генератора $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$ // Вестник Казахского национального университета им. аль-Фараби, серия химическая. 2018. Т. 89. № 2. С. 20–26.

Результаты диссертации представлены на 8 международных и всероссийских конференциях: X Российская конференция с международным участием «Радиохимия–2022» (Санкт–Петербург, Россия, 2022); IX Российская конференция с международным участием «Радиохимия–2018» (Санкт–Петербург, Россия, 2018); 18th Radiochemical conference (Marianske Lasne, Czech Republic, 2018); The third International Symposium on Technetium and other Radiometals in Chemistry and Medicine (Bressanone, Italy, 2018); International conference on chemistry and material science, 2017 (Rome, Italy); International scientific forum «Nuclear Science and Technologies» (Almaty, Kazakhstan, 2017); 10th International Symposium on Targeted Alpha Therapy (Kanazawa, Japan, 2017); The XX International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS–2016) (Dubna, Russia, 2016).

Публичные доклады на международных научных мероприятиях:

1. Baimukhanova A., Chakrova E., Roesch F., Kozempel J., Filosofov D. Production of positron emitter radionuclide ^{68}Ga via generator $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$ // 18th Radiochemical conference: booklet of abstracts (Marianske Lasne, Czech Republic, 13–18 May 2018). Czech Chemical Society Symposium Series, 2018. V. 16. N. 2. P. 248.

2. Baimukhanova A., Radchenko V., Marinov G., Marinova A., Karaivanov D., Robertson A., Yang H., Mynerich J., Ramogida C., Ladouceur K., Schaffer P., Filosofov D. An alternative separation strategy for the isolation of Ac and Ra isotopes from thorium targets irradiated with high energy protons // The third International Symposium on Technetium and other Radiometals in Chemistry and Medicine (Terachem 2018): book of abstracts (Bressanone, Italy, 26–29 September 2018). Nuclear medicine and biology, 2019. V. 72–73. Suppl. 1. P. S32.

3. Radchenko V., Baimukhanova A., Schaffer P., Filosofov D., Marinova A., Marinov G., Karaivanov D., Robertson A., Yang H., Mynerich J., Ramogića C., Ladouceur K. Production of ^{225}Ac and ^{225}Ra for targeted alpha therapy via spallation on thorium: overview of radiochemical strategies and need for separation from large thorium targets // The third International Symposium on Technetium and other Radiometals in Chemistry and Medicine (Terachem 2018): book of abstracts (Bressanone, Italy, 26–29 September 2018). Nuclear medicine and biology, 2019. V. 72–73. Suppl. 1. P. S5.

4. Baimukhanova A., Kozempel J., Radchenko V., Marinova A., Karaivanov D., Filosofov D. Utilization of (p, 4n) reaction potential for medical isotopes production with medium energy protons: $^{86}\text{Zr}/^{86}\text{Y}$ // International conference on chemistry and material science: book of abstracts (Rome, Italy, 18–20 October 2017). Rome: Scientific tree conference, 2017. P.50.
5. Баймуханова А.Е., Радченко В.И., Философов Д.В. Схема разделения ^{225}Ac из облученных ториевых мишеней // Международный научный форум «Ядерная наука и технологии»: сборник тезисов (Алматы, Казахстан, 12–15 сентября 2017). Алматы: Изд-во Института ядерной физики РК, 2017. С. 401.
6. Radchenko V., Baimukhanova A., Marinova A., Karaivanov D.V., Robertson A., Ramogida C.F., KunzP., Ladouceur K., Schaffer P., Filosofov D. Behavior of Ac, Th and Ra on cation exchange resin in hydrochloric and trichloroacetic acids: Towards an alternative separation strategy for ^{225}Ac from irradiated thorium targets // 10th International Symposium on Targeted Alpha Therapy: book of abstracts (Kanazawa, Japan, 30 May – 1 June 2017). P.88.
7. Baimukhanova A., Marinov G., Filosofov D. Distribution coefficients of ^{68}Ge on ion exchange resin // The XX International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS–2016): book of abstracts (Dubna, Russia, 14–18 March 2016). Dubna: JINR, 2016. P.7.

Публичные доклады на всероссийских научных мероприятиях:

1. Баймуханова А., Караиванов Д.В., Воробьева М.Ю., Магомедбеков Э.П., Философов Д.В. Выделение изотопов германия из облученных мишеней галлия // X Российская конференция с международным участием «Радиохимия 2022»: сборник тезисов (Санкт–Петербург, 26–30 сентября 2022 г.). Москва: Изд-во ООО «Адмиралпринт», 2022. С. 72.
2. Баймуханова А.Е., Радченко В.И., Маринова А.П., Маринов Г.М., Куракина Е.С., Караиванов Д.В., Философов Д.В. Выделение изотопов актиния и радия из облученной протонами ториевой мишени // IX Российская конференция с международным участием «Радиохимия 2018»: сборник тезисов (Санкт–Петербург, 17–20 сентября 2018 г.). С. 477.
3. Радченко В.И., Баймуханова А., Робертсон А. Р., Рамогида К.Ф., Янг Х., Костельник Т., Ли Л., Симнунич М., Енгл Д., Бархард Т., Алусис Э., Элисон П., П. Ольсон Э., Куракина Е., Маринова А., Маринов Г., Караиванов Д., Хёер К., Бенард Ф., Орвиг К., Шафер П., Философов Д. Развитие программы по наработке и использованию терапевтических радиоизотопов в ТРИУМФ // IX Российская конференция с международным участием «Радиохимия 2018»: сборник тезисов (Санкт–Петербург, 17–20 сентября 2018 г.). С. 514.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части 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.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Баймухановой Аягоз Елтаевны является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Баймухановой Аягоз Елтаевне; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация рассмотрена на совместном заседании научно-технического совета и семинара по ядерной спектроскопии и радиохимии, структуре атомного ядра, неускорительной физике нейтрино и астрофизике Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ, состоявшемся «12» октября 2023 года, протокол № 1. В обсуждении приняли участие: директор ЛЯП, д.ф.-м.н. Е. А. Якушев, начальник НЭОЯСиРХ, к.ф.-м.н. С. В. Розов, начальник сектора №3 ЛЯР, к.х.н. Аксенов Н.В., начальник сектора №4, к.х.н. Философов Д.В.

Принимало участие в голосовании 16 человек. Результаты голосования:
«За» – 16 человек, «Против» – нет, воздержались – нет, протокол № 1 от
«12» октября 2023 г.

Директор ЛЯП ОИЯИ,
д.ф.–м.н.



Е. А. Якушев

Руководитель семинара,
д. ф.–м. н



Е. А. Якушев

ПРОТОКОЛ

совместного заседания научно-технического совета и семинара по ядерной спектроскопии и радиохимии, структуре атомного ядра, неускорительной физике нейтрино и астрофизике Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований от «12» октября 2023 г. № 1.

Присутствовали: Директор ЛЯП, д.ф.-м.н. Якушев Евгений Александрович (руководитель семинара), начальник НЭОЯСиРХ, к.ф.-м.н. Розов Сергей Владимирович, с.н.с., к.ф.-м.н. Смольников Анатолий Алексеевич, с.н.с., к.ф.-м.н. Кочетов Олег Иванович, с.н.с., к.ф.-м.н. Клименко Александр Адольфович, с.н.с., к.ф.-м.н. Третьяк Виктор Иванович, начальник сектора №1, к.ф.-м.н. Лубашевский Алексей Владимирович, начальник сектора №4, к.х.н. Философов Дмитрий Владимирович, начальник сектора №3 ЛЯР, к.х.н. Аксенов Николай Викторович, с.н.с. ЛЯР, к.х.н. Божиков Господин Апостолов, начальник установки Байкал-ГВД Белолоптиков Игорь Анатольевич, с.н.с., к.ф.-м.н. Зинатулина Дания Раушановна, с.н.с., к.ф.-м.н. Караиванов Димитр Веселинов, с.н.с., к.ф.-м.н. Васильев Сергей Иванович, с.н.с., к.ф.-м.н. Рухадзе Николай Ильич, с.н.с., к.ф.-м.н. Хушвактов Журабек Хатамович, н.с., к.х.н. Рахимов Алимардон Восибович, н.с. Белов Вячеслав Валерьевич, н.с. Медведев Дмитрий Владимирович, н.с. Румянцева Надежда Сергеевна, н.с. Ваганов Юрий Аркадьевич, н.с. Воробьева Мария Юрьевна, м.н.с. Пономарев Дмитрий Владимирович, м.н.с. Павлов Алексей Викторович, м.н.с. Быстряков Артем Дмитриевич, м.н.с. Сеитова Диана, м.н.с. Дадаханов Жахонгир Абдулхаевич, ст.инж. Алексеев Игорь Васильевич, ст.инж. Борина Ирина Владимировна, ст.инж. Мухина Марина Васильевна, инж. Шахов Константин Викторович, инж. Морозова Наталья Владимировна, инж. Дик Виктория, инж. Розова Ирина Евгеньевна, лаборант Хусенова Юлдуз Каримовна.

Всего присутствовало: 35 человек.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Предварительное рассмотрение диссертационной работы научного сотрудника Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем Международной

межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований (ЛЯП ОИЯИ) Баймухановой Аягоз Елтаевны на тему: «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа».

Работа выполнена в Научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ и на кафедре химии высоких энергий и радиозэкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева».

Тема диссертационной работы Баймухановой Аягоз Елтаевны, научный руководитель кандидат химических наук, заведующий кафедрой химии высоких энергий и радиозэкологии Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Магомедбеков Эльдар Парпачевич и научный консультант кандидат химических наук, начальник сектора №4 Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ Философов Дмитрий Владимирович, утверждены на заседании Ученого совета Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева 09.10.2023 г. (приказ 2027 ст).

СЛУШАЛИ:

Сообщение Баймухановой Аягоз Елтаевны, изложившей основное содержание своей диссертационной работы.

Баймухановой Аягоз Елтаевне были заданы следующие вопросы:

1. Якушев Евгений Александрович:

– Расскажите, в каких этапах работы вы участвовали (ваш личный вклад в работу), в каких этапах не участвовали.

– Расскажите, как вы выбираете оптимальные условия для разделения по данным результатов коэффициентов распределения.

– Расскажите, как зависит выход радионуклидов из облученных мишеней от энергии налетающих протонов.

2. Смольников Анатолий Алексеевич:

– Сравнивали ли вы вашу методику извлечения изотопов германия из облученных мишеней галлия и с другими существующими методиками.

– Какая методика более эффективна.

3. Караиванов Димитр Веселинов:

– Почему примесь материнского радионуклида в препарате, полученного из радионуклидного генератора $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$ реверсного типа больше чем в генераторе прямого элюирования.

4. Розов Сергей Владимирович:

- Доступность применяемых смол в методиках разделения.
- Преимущества методики выделения актиния из облученного тория на этапе грубой очистки.

В обсуждении приняли участие: директор ЛЯП, д.ф.-м.н. Якушев Евгений Александрович, начальник НЭОЯСиРХ, к.ф.-м.н. Розов Сергей Владимирович, начальник сектора №3 ЛЯР, к.х.н. Аксенов Николай Викторович, начальник сектора №4, к.х.н. Философов Дмитрий Владимирович.

ПОСТАНОВИЛИ:

Заслушав и обсудив диссертационную работу Баймухановой Аягоз Елтаевны, принять заключение организации по диссертации Баймухановой Аягоз Елтаевны, на тему «Подбор пар радионуклидов III – IV валентных элементов для создания генераторов нового типа».

Директор ЛЯП ОИЯИ,
д.ф.-м.н.



Руководитель семинара,
д. ф.-м. н

Е. А. Якушев

Е. А. Якушев