



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G21G 4/00 (2022.08); C22B 59/00 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022113132, 17.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.05.2022

Дата регистрации:
28.11.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 17.05.2022

(45) Опубликовано: 28.11.2022 Бюл. № 34

Адрес для переписки:
197758, Санкт-Петербург, поселок Песочный,
ул. Ленинградская, 70, ФГБУ "Российский
научный центр радиологии и хирургических
технологий имени академика А.М. Гранова"
Министерства здравоохранения Российской
Федерации

(72) Автор(ы):
Сысоев Дмитрий Сергеевич (RU),
Алексеев Никита Сергеевич (RU),
Синицын Михаил Сергеевич (RU),
Дробаха Андрей Сергеевич (RU),
Клопенков Роман Михайлович (RU),
Майстренко Дмитрий Николаевич (RU),
Станжевский Андрей Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
"РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РАДИОЛОГИИ И ХИРУРГИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ АКАДЕМИКА
А.М. ГРАНОВА" МИНИСТЕРСТВА
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 46603 U1, 10.07.2005. EA 7452 B1,
27.10.2006. US 5809394 A1, 15.09.1998. US 5368736
A1, 29.11.1994. US 5154897 A1, 13.10.1992. CN
101690853 A, 07.04.2010. FR 2919055 A1,
23.01.2009. FR 2919055 B1, 16.10.2009. JP 3322952
B2, 09.09.2002. JP 63208798 A, 30.08.1988. JP
63208799 A, 30.08.1988.

(54) Устройство для автоматизированного выделения и химической очистки радионуклидов

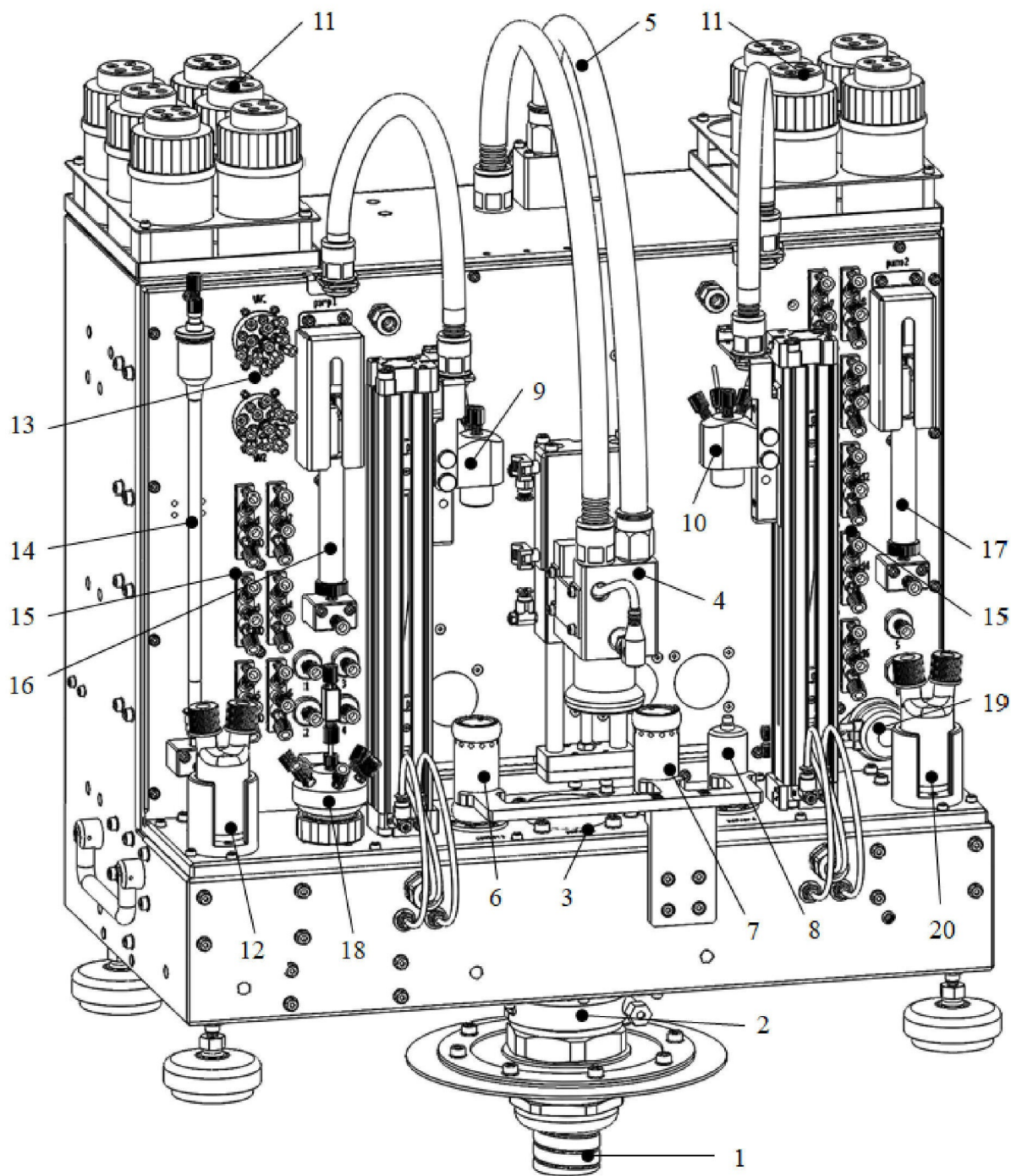
(57) Реферат:

Полезная модель относится к устройству для автоматизированного выделения и химической очистки радионуклидов и может найти применение для выделения и очистки РН, нарабатываемых на медицинских протонных ускорителях протонов средней энергии (до 30 МэВ) и средних токов пучка протонов (до 200 мкА). Устройство содержит транспортную трубу, подсоединенную к транспортному терминалу, вакуумный захват для переноса цилиндрических мишеней между подставкой хранения, транспортным терминалом и подставкой

химических процессов, оснащенной нагревательным блоком, содержащее химическую ячейку, опускаемую при помощи актуатора на мишень, находящуюся на подставке химических процессов с нагревательным блоком, подсистему выделения и очистки радионуклида, состоящую из мембранных клапанов, соединительных трубок, колонки с сорбентом, насосов и реакционного сосуда с нагревательным блоком. Дополнительно устройство содержит два многоходовых крана-переключателя, инертных к концентрированным неорганическим кислотам

и щелочам. Техническим результатом является возможность выделения радионуклидов с использованием

неорганических кислот и щелочей (например, таллия-201, галлия-67). 1 ил.



Фиг. 1

RU 215049 U1

RU 215049 U1

Полезная модель (ПМ) относится к медицинской технике, а именно к средствам выделения и очистки радионуклидов (РН), наработанных на твердотельных мишенях ускорителей и может найти применение для выделения и очистки РН, нарабатываемых на медицинских протонных ускорителях протонов средней энергии (до 30 МэВ) и средних токов пучка протонов (до 200 мкА).

Значительное количество РН, применяемых в ядерной медицине (^{64}Cu , ^{89}Zr , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{123}I , ^{201}Tl , ^{68}Ge и др.), нарабатываются при облучении протонами мишеных веществ, находящихся в твердом агрегатном состоянии. Облучаемое мишенное вещество может представлять собой гальванический слой, фольгу, порошок и др.

Следует отметить, что принципы наработки РН в твердом агрегатном состоянии достаточно хорошо изучены [Proceedings of the 13th International Workshop on Targetry and Target Chemistry, Roskilde, Denmark, July 26-28, 2010. Proceedings of the 14th International Workshop on Targetry and Target Chemistry, Playa del Carmen, Mexico, August 26-29, 2012. Proceedings of the 15th International Workshop on Targetry and Target Chemistry, Prague, Czech Republic, August 18-21, 2014. Solid Target System with In-Situ Target Dissolution, William Z. Gelbart et al., Instruments, 2019, №3, vol. 14. Solid Targetry for Compact Cyclotrons, Jožef Čomor, Bratislava, September 19-21, 2004].

Производство РН, нарабатываемых при помощи твердотельных мишеных устройств, в общем случае включает в себя следующие стадии:

- 1) нанесение мишенного вещества на подложку (в случае гальванического слоя) или сборка (в случае фольги или порошка);
- 2) установка и герметизация мишенного устройства с мишенным материалом для обеспечения герметичности по вакууму со стороны вхождения пучка ускоренных частиц и герметичности по охлаждающей воде со стороны задней стенки;
- 3) облучение мишенного материала;
- 4) снятие облученного устройства и извлечение облученного материала;
- 5) растворение или возгонка мишенного вещества и перевод его в жидкое или газообразное агрегатное состояние;
- 6) выделение и очистка целевого изотопа.

Однако автоматизация наработки изотопов на твердотельных мишеных устройствах представляет собой сложную задачу. Традиционно, при производстве РН стадии 1-4 выполняются с применением значительного количества ручных операций (в т. ч. с использованием копирующих манипуляторов, при работе в защитных камерах), что приводит к высокой трудоемкости процесса и, потенциально, значительному облучению персонала.

Анализ предлагаемых коммерческих продуктов и исследовательских проектов показывает, что основные усилия специалистов, разрабатывающих современные твердотельные мишеные устройства, направлены на повышение степени автоматизации процесса наработки и выделения наработанных РН.

Наиболее близкой к предлагаемому является система автоматического производства радиоизотопов, описанная в патенте WO2006114433A2, которая выбрана нами в качестве прототипа. Система предназначена для выделения и очистки радионуклидов, наработанных на твердотельных мишеных ускорителей средней энергии (до 30 МэВ).

Согласно описанию прототипа, система включает 3 блока: блок электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа (1), блок облучения мишени (2), установленный на циклотроне, блок выделения и очистки наработанного РН (3). Блоки 1 и 2 соединены транспортной трубой для автоматизированной передачи мишени между блоками. Блоки 1 и 3 соединены трубкой

для переноса растворенного мишенного вещества в блок 3. Блоки 1 и 3 располагаются внутри защитных камер, располагаемых в радиохимической лаборатории.

5 Твердотельная мишень, согласно описанию прототипа, включает капсулу цилиндрической формы. Мишенная подложка заключена в капсулу цилиндрической формы, один из торцов капсулы выполнен в виде усеченного конуса. Мишенная подложка отделена от углубления капсулы посредством тонкой стенки.

10 Блок электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа включает корпусную деталь, вакуумный захват, вакуумную трубку, подставки для хранения мишеней, транспортный терминал, транспортную трубу, химическую ячейку, нагревательный блок. Транспортная труба подсоединена к блоку при помощи транспортного терминала. У блока имеются подставки для установки мишеней: 4 подставки для хранения мишеней и подставка для химических процессов, оснащенная нагревательным блоком. Перемещение мишени между подставками осуществляется при помощи вакуумного захвата с вакуумной трубкой, подключаемой при помощи фитинга. На вертикальный актуатор установлена химическая ячейка.

15 Блок выделения и очистки наработанного РН включает колонку с ионообменной смолой, два насоса, реакционный сосуд с нагревательным блоком, мембранные клапаны и сосуды для реагентов, подсистему управления.

20 Работа прототипа осуществляется следующим образом. Твердотельная мишень устанавливается в блок электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа на подставку с нагревательным блоком, таким образом, чтобы нагреватель попал в углубление мишени. При помощи вертикального актуатора на мишень опускается химическая ячейка, при этом образуется замкнутая емкость, ограниченная химической ячейкой и мишенной подложкой. В образовавшуюся емкость из блока выделения и очистки наработанного РН посредством насосов по трубкам подается электролитический раствор, содержащий стартовый изотоп. Встроенный в химическую ячейку платиновый электрод обеспечивает разность потенциалов, необходимую для электрохимического осаждения стартового изотопа на мишенной подложке.

30 Мишень с нанесенным стартовым изотопом при помощи вакуумного захвата с фитингом переносится на подставки для ожидания облучения или в транспортный терминал и затем по транспортной трубе током сжатого воздуха в блок облучения мишени.

35 После завершения облучения мишень поступает обратно из блока облучения мишени в блок электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа и при помощи вакуумного захвата с фитингом переносится на подставку для химических процессов. При помощи вертикального актуатора на мишень опускается химическая ячейка, при этом образуется замкнутая емкость, ограниченная химической ячейкой и мишенной подложкой. В образовавшуюся емкость из блока выделения и очистки наработанного РН посредством насосов по трубкам подаются растворители, предназначенные для растворения мишенного слоя, содержащего наработанный РН. Полученный раствор, содержащий наработанный РН, передается по трубкам в блок выделения и очистки наработанного РН для выполнения химических реакций выделения и очистки РН. Химические реакции выделения и очистки включают нанесение раствора, содержащего наработанный РН, на сорбент в колонке, промывку сорбента различными растворами из сосудов для реагентов, элюирование РН с сорбента в реакционный сосуд с нагревательным блоком, упаривание элюата в реакционном сосуде с нагревательным блоком (при необходимости), разбавление сухого остатка в

реакционном сосуде с нагревательным блоком и перенос полученного раствора из реакционного сосуда с нагревательным блоком в емкость для полупродукта.

Система, описанная в указанном патенте, позволяет эффективно выполнять полностью автоматизированную наработку, выделение и очистку РН. Однако, на наш взгляд, она не лишена ряда недостатков, а именно:

1) использование в блоке выделения и очистки наработанного РН мембранных клапанов с мембранами из эластомеров в подсистеме распределения жидкостных потоков приводит к резкому снижению ресурса системы при использовании концентрированных неорганических кислот (например, концентрированной азотной кислоты) и щелочей, используемых в технологиях выделения ряда востребованных радионуклидов (например, таллия-201, галлия-67), что приводит к ограничению области применения блока.

Таким образом, отмеченный недостаток приводит к низкой универсальности системы-прототипа, а именно невозможности выделения радионуклидов с использованием концентрированных неорганических кислот и щелочей (например, таллия-201, галлия-67).

Технический результат настоящей ПМ состоит в обеспечении возможности выделения радионуклидов с использованием концентрированных неорганических кислот и щелочей (например, таллия-201, галлия-67).

Этот результат достигается тем, что устройство для автоматизированного выделения и химической очистки радионуклидов содержит транспортную трубу, подсоединенную к транспортному терминалу, вакуумный захват для переноса цилиндрических мишеней между подставкой хранения, транспортным терминалом и подставкой химических процессов, оснащенной нагревательным блоком, химическую ячейку, опускаемую при помощи актуатора на мишень, находящуюся на подставке химических процессов с нагревательным блоком, подсистему выделения и очистки радионуклида, состоящую из мембранных клапанов, соединительных трубок, колонки с сорбентом, насосов и реакционного сосуда с нагревательным блоком, согласно ПМ устройство дополнительно содержит два многоходовых крана-переключателя, инертных к концентрированным неорганическим кислотам и щелочам.

Добавление в подсистему выделения и очистки радионуклида 2 многоходовых кранов-переключателей, инертных к концентрированным неорганическим кислотам и щелочам, позволяет использовать для химических реакций выделения и очистки РН концентрированные неорганические кислоты (например, концентрированную азотную и соляную кислоты) и щелочи, используемые в технологиях выделения ряда востребованных радионуклидов (например, таллия-201, галлия-67), что расширяет область применения системы и позволяет использовать устройство для выделения и очистки широкой номенклатуры РН. Перечень возможных РН включает, но не ограничивается: медь-64, цирконий-89, таллий-201, галлий-67, галлий-68.

Следует отметить, что все компоненты устройства выполнены компактно и размещены в едином корпусе. Это позволяет разместить устройство в одной защитной камере вместо двух, таким образом снизить стоимость комплекса оборудования и его сервисного обслуживания.

Для лучшего понимания предлагаемого устройства приводим его схему на фиг. 1, где 1 – транспортная труба, 2 – подсоединительный переходник, 3 – транспортный терминал, 4 – вакуумный захват, 5 – трубка, 6 – подставка химических процессов, 7 – подставка хранения мишени, 8 – вторая подставка химических процессов, 9 – химическая ячейка, 10 – вторая химическая ячейка, 11 – сосуды для реагентов, 12 –

первый сосуд для полупродукта, 13 – многоходовые краны-переключатели, 14 – колонка с сорбентом, 15 – мембранные клапаны, 16 – первый насос, 17 – второй насос, 18 – реакционный сосуд с нагревательным блоком, 19 – перистальтический насос, 20 – второй сосуд для полупродукта.

5 Работа устройства осуществляется следующим образом.

Мишень, представляющая собой цилиндрическую деталь с заключенной внутри плоской мишенной подложкой, устанавливается на вторую подставку химических процессов (8). При помощи вертикального актуатора на мишень опускается вторая химическая ячейка (10), при этом образуется замкнутая емкость, ограниченная второй химической ячейкой и мишенной подложкой. В образовавшуюся емкость при помощи перистальтического насоса (19) по трубкам подается электролитический раствор, содержащий стартовый изотоп, при этом распределение потоков жидкостей замкнутой емкости осуществляется при помощи мембранных клапанов (15). Встроенный во вторую химическую ячейку платиновый электрод обеспечивает разность потенциалов, необходимую для электрохимического осаждения стартового изотопа на мишенной подложке.

Мишень с нанесенным стартовым изотопом при помощи вакуумного захвата (4) переносится на подставку хранения мишени (7) или в транспортный терминал (3) и затем через подсоединительный переходник (2) по транспортной трубе (1) током сжатого воздуха, подаваемого по трубке (5), переносится в блок облучения мишени. Вакуумный захват закреплен на вертикальном актуаторе, который, в свою очередь, закреплен на горизонтальном актуаторе, что обеспечивает перемещение вакуумного актуатора между подставками и возможность подъема мишени с подставок.

После завершения облучения мишень поступает обратно из блока облучения мишени в устройство и при помощи вакуумного захвата (4) переносится на первую подставку химических процессов с нагревательным блоком (6). При помощи вертикального актуатора на мишень опускается химическая ячейка (9), при этом образуется замкнутая емкость, ограниченная химической ячейкой и мишенной подложкой. В образовавшуюся емкость из сосудов для реагентов (11) посредством первого насоса (17) по трубкам подаются растворители, предназначенные для растворения мишенного слоя, содержащего наработанный РН. В случае необходимости, процесс растворения может выполняться в несколько стадий (2 и более), при этом растворитель, предназначенный для растворения мишенного слоя, подается несколькими порциями с определенными временными промежутками и затем порции раствора, содержащие наработанный РН, отбираются из замкнутой емкости и помещаются при помощи первого насоса в первый сосуд для полупродукта (12) для накопления.

Химические реакции выделения и очистки РН включают нанесение раствора, содержащего наработанный РН, на сорбент в колонке (14), промывку сорбента различными растворителями из сосудов для реагентов (11), элюирование РН с сорбента в реакционный сосуд с нагревательным блоком (18), выпаривание элюата в реакционном сосуде с нагревательным блоком (18) (при необходимости), разбавление сухого остатка в реакционном сосуде с нагревательным блоком и перенос полученного раствора из реакционного сосуда с нагревательным блоком во второй сосуд для полупродукта (20). Распределение потоков сильных неорганических кислот происходит при помощи многоходовых кранов-переключателей (13), распределение потоков прочих необходимых жидкостей и газов происходит при помощи мембранных клапанов (15). Перемещение жидкостей осуществляется при помощи первого насоса (16), обеспечивающего точное дозирование по объему. Фасовка полупродукта осуществляется при помощи второго

насоса (17), обеспечивающего точное дозирование полупродукта по объему, при этом распределение потоков жидкостей происходит при помощи мембранных клапанов (15), второй насос (17) и мембранные клапаны (15) образуют подсистему фасовки.

Таким образом, универсальность прибора достигается за счет возможности реализации различных радиохимических технологий разделения наработанных радионуклидов и стартовых изотопов, основанных на разделении методом твердофазной экстракции с использованием различных сорбентов.

Сущность полезной модели поясняется примерами.

Пример 1

В технологии выделения меди-64 стартовым изотопом является никель-64, при облучении которого протонами энергии 12-20 МэВ в мишенном устройстве циклотрона по реакции $^{64}\text{Ni}(p,n)^{64}\text{Cu}$ образуется медь-64. Для наработки и выделения данного радионуклида работа прибора выполняется следующим образом.

Мишень, представляющая собой цилиндрическую деталь с заключенной внутри плоской мишенной подложкой, устанавливается на вторую подставку химических процессов (8). При помощи вертикального актуатора на мишень опускается вторая химическая ячейка (10), при этом образуется замкнутая емкость, ограниченная второй химической ячейкой и мишенной подложкой. В образовавшуюся емкость при помощи перистальтического насоса (19) по трубкам подается электролитический раствор, содержащий никель-64, при этом распределение потоков жидкостей замкнутой емкости осуществляется при помощи мембранных клапанов (15). Встроенный во вторую химическую ячейку платиновый электрод обеспечивает разность потенциалов, необходимую для электрохимического осаждения стартового изотопа на мишенной подложке, нанесение никеля-64 производят за 6-24 часов при токе между электродом и подложкой мишени 10-100 мА.

Мишень с нанесенным никелем-64 при помощи вакуумного захвата (4) переносится на подставку хранения мишени (7) или в транспортный терминал (3) и затем через подсоединительный переходник (2) по транспортной трубе (1) током сжатого воздуха, подаваемого по трубке (5), переносится в блок облучения мишени.

После завершения облучения мишень поступает обратно из блока облучения мишени в устройство и при помощи вакуумного захвата (4) переносится на первую подставку химических процессов с нагревательным блоком (6). При помощи вертикального актуатора на мишень опускается химическая ячейка (9), при этом образуется замкнутая емкость, ограниченная химической ячейкой и мишенной подложкой. В образовавшуюся емкость из сосудов для реагентов (11) посредством первого насоса (17) по трубкам подается 3 мл 6М соляной кислоты, предназначенной для растворения мишенного слоя, этап растворения занимает 30-60 минут при температуре нагревательного блока 80-90°C. После выполнения первого этапа растворения жидкость, содержащая облученный никель-64 и наработанную медь-64, перемещается в сосуд для накопления (12), выполняется второй этап растворения, аналогичный первому.

Химические реакции выделения и очистки РН включают нанесение раствора, содержащего облученный никель-64 и наработанную медь-64, на сорбент Bio-Rad AG-1 X8 в колонке (14), промывку сорбента 5 мл 6М соляной кислоты, 5 мл 4М соляной кислоты, 2 мл 0.1М соляной кислоты из сосудов для реагентов (11), элюирование меди-64 с сорбента в реакционный сосуд с нагревательным блоком (18) при помощи 4 мл 0.1М соляной кислоты, выпаривание элюата в реакционном сосуде с нагревательным блоком (18) 30-60 мин при температуре 95°C, разбавление сухого остатка в реакционном сосуде с нагревательным блоком при помощи 4 мл 0.1М соляной кислоты и перенос

полученного раствора из реакционного сосуда с нагревательным блоком во второй сосуд для полупродукта (20). Распределение потоков сильных неорганических кислот происходит при помощи многоходовых кранов-переключателей (13), распределение потоков прочих необходимых жидкостей и газов происходит при помощи мембранных клапанов (15). Перемещение жидкостей осуществляется при помощи первого насоса (16), обеспечивающего точное дозирование по объему. Фасовка полупродукта осуществляется при помощи второго насоса (17), обеспечивающего точное дозирование полупродукта по объему, при этом распределение потоков жидкостей происходит при помощи мембранных клапанов (15), второй насос (17) и мембранные клапаны (15) образуют подсистему фасовки.

Пример 2

В технологии выделения таллия-201 стартовым изотопом является таллий-203, при облучении которого протонами энергии 25-30 МэВ в мишенном устройстве циклотрона по реакции $^{203}\text{Ni}(p,3n)^{201}\text{Pb} \rightarrow ^{201}\text{Tl}$ образуется таллий-201. Для наработки и выделения данного радионуклида работа прибора выполняется следующим образом.

Мишень, представляющая собой цилиндрическую деталь с заключенной внутри мишенной подложкой, является одноразовой, нанесение стартового таллия-203 электрохимическим методом выполняется в лаборатории холодной химии.

Мишень с нанесенным стартовым пинцета помещается на подставку хранения мишени (7) или в транспортный терминал (3) и затем через подсоединительный переходник (2) по транспортной трубе (1) током сжатого воздуха, подаваемого по трубке (5), переносится в блок облучения мишени.

После завершения облучения мишень поступает обратно из блока облучения мишени в устройство и при помощи вакуумного захвата (4) переносится на первую подставку химических процессов с нагревательным блоком (6). При помощи вертикального актуатора на мишень опускается химическая ячейка (9), при этом образуется замкнутая емкость, ограниченная химической ячейкой и мишенной подложкой. В образовавшуюся емкость из сосудов для реагентов (11) посредством первого насоса (17) по трубкам подается 5 мл 0.35М азотной кислоты, предназначенной для растворения мишенного слоя, этап растворения занимает 3-6 минут при температуре нагревательного блока 60-70°C. После выполнения первого этапа растворения жидкость, содержащая облученный таллий-203 и наработанный свинец-201, перемещается в сосуд для накопления (12), выполняется второй, третий, четвертый этапы растворения, аналогичные первому.

Химические реакции выделения и очистки РН включают добавление раствора 13 мг/мл нитрата железа и 25% раствора аммиака в сосуд для накопления для образования осадка железа, связывающего свинец-201, нанесение полученного раствора, содержащего облученный таллий-203 и наработанный свинец-201, на фильтр с порами 10 мкм в колонке (14), промывку фильтра 5 мл деионизованной воды, растворение осадка, удержанного фильтром при помощи 3 мл 0.35М азотной кислоты и сбор полученного раствора в сосуде для полупродукта (20). Полученный раствор, содержащий свинец-201, выдерживается 20-30 часов для распада свинца-201 в таллий-201, химические реакции выделения повторяются для отделения таллия-201 от остатков свинца-201.

Распределение потоков сильных неорганических кислот происходит при помощи многоходовых кранов-переключателей (13), распределение потоков прочих необходимых жидкостей и газов происходит при помощи мембранных клапанов (15). Перемещение жидкостей осуществляется при помощи первого насоса (16), обеспечивающего точное дозирование по объему. Фасовка полупродукта осуществляется при помощи второго

насоса (17), обеспечивающего точное дозирование полупродукта по объему, при этом распределение потоков жидкостей происходит при помощи мембранных клапанов (15), второй насос (17) и мембранные клапаны (15) образуют подсистему фасовки.

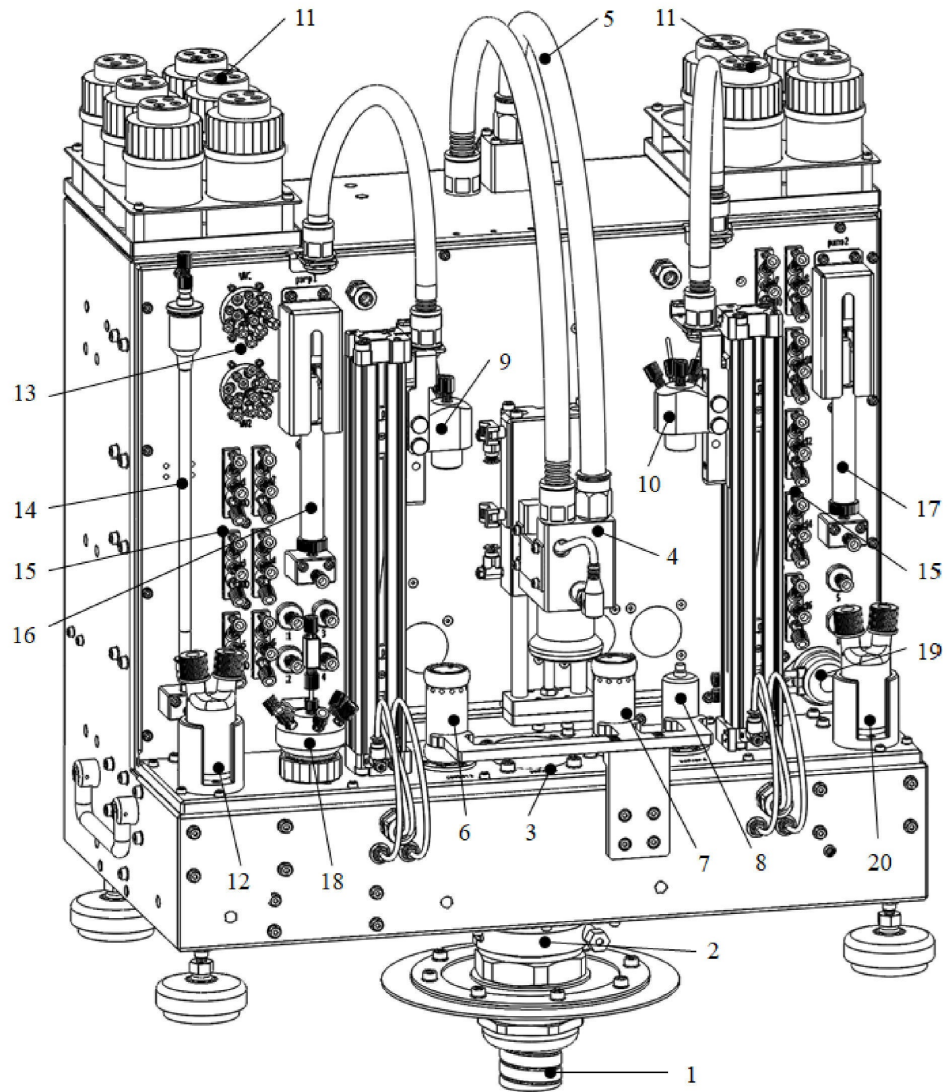
Предлагаемое устройство по сравнению с известными имеет ряд существенных преимуществ:

- 1) с помощью устройства возможны выделение и очистка широкой номенклатуры РН;
- 2) возможно одновременное выполнение циклов нанесения стартового изотопа и выделения наработанного РН;
- 3) возможно размещение прибора в одной ячейке защитного бокса;
- 4) возможна фасовка раствора, содержащего наработанный радионуклид, что позволяет разделить его между несколькими потребителями.

Предлагаемое устройство разработано в отделении циклотронных радиофармпрепаратов ФГБУ «РНЦРХТ им. ак. А.М. Гранова» и прошло апробацию при 20 циклах наработки и выделения РН с положительным результатом.

(57) Формула полезной модели

Устройство для автоматизированного выделения и химической очистки радионуклидов, включающее две подсистемы: подсистему электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа и подсистему выделения и очистки радионуклида, при этом подсистема электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа содержит транспортную трубу, вакуумный захват для переноса цилиндрических мишеней между подставкой хранения, транспортным терминалом и подставкой химических процессов, оснащенной нагревательным блоком, химическую ячейку, опускаемую при помощи актуатора на мишень, находящуюся на подставке химических процессов с нагревательным блоком, мембранные клапаны и насосы, а подсистема выделения и очистки радионуклида соединена с подсистемой электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа трубкой для переноса растворенного мишенного вещества и содержит мембранные клапаны, соединительные трубки, колонки с сорбентом, насосы и реакционный сосуд с нагревательным блоком, отличающееся тем, что в подсистему электролитического нанесения стартового изотопа и растворения облученного стартового изотопа и подсистему выделения и очистки радионуклида дополнительно включены два многоходовых крана-переключателя, инертных к концентрированным неорганическим кислотам и щелочам.



Фиг. 1