



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G21G 1/00 (2019.02); B01D 11/02 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2017107069, 04.08.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.08.2015

Дата регистрации:  
30.05.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
05.08.2014 US 62/033,459

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2018 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 30.05.2019 Бюл. № 16

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 06.03.2017

(86) Заявка РСТ:  
US 2015/043524 (04.08.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/022515 (11.02.2016)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

СТ. ДЖОРДЖ Джордж (US),  
КРАМП Дрюс (US),  
САЙМОН Джейми (US),  
СТИВЕНСОН Найджел Р. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ЭсЭнАйПи ХОЛДИНГЗ,  
ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 863232748 B2, 21.01.2014. RU  
2313838 C1, 27.12.2007. SU 1386892 A1,  
07.04.1988. QA1M S.M. et al. "Production of  
carrier-free 117mSn", International journal of  
applied radiation and isotopes, vol.35,#7,  
01.07.1984.

## (54) СОСТАВЫ Sn-117m ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ И СПОСОБЫ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение направлено на создание составов Sn-117m высокой чистоты и способов их приготовления. Способ очистки состава Sn-117m с высокой удельной активностью, который включает в себя экстракцию иодидного комплекса Sn-117m органическим растворителем из кислотного водного раствора кадмия, содержащим растворенную облученную мишень кадмия, кислоту и источник иодида. Слой

органического растворителя, содержащего иодидный комплекс Sn-117m, который характеризуется пониженным содержанием кадмия. Sn-117m может быть подвергнут обратной экстракции в водный раствор. Изобретение позволяет получать Sn-117m без добавления носителя с высокой удельной активностью. 9 з.п. ф-лы, 6 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

**G21G 1/00** (2019.02); **B01D 11/02** (2019.02)(21)(22) Application: **2017107069, 04.08.2015**(24) Effective date for property rights:  
**04.08.2015**Registration date:  
**30.05.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**05.08.2014 US 62/033,459**(43) Application published: **10.09.2018 Bull. № 25**(45) Date of publication: **30.05.2019 Bull. № 16**(85) Commencement of national phase: **06.03.2017**(86) PCT application:  
**US 2015/043524 (04.08.2015)**(87) PCT publication:  
**WO 2016/022515 (11.02.2016)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B.Spasskaya, 25, stroenie 3,  
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i  
Partnery"**

(72) Inventor(s):

**ST. GEORGE, George (US),  
CRUMP, Druce (US),  
SIMON, Jaime (US),  
STEVENSON, Nigel R. (US)**

(73) Proprietor(s):

**SNIP HOLDINGS, INCORPORATED (US)**(54) **HIGH-PURITY Sn-117m COMPOSITIONS AND METHODS FOR PREPARING THEREOF**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention is aimed at creation of compositions Sn-117m of high purity and methods of their preparation. Method of purifying the Sn-117m composition with high specific activity, which involves extraction of the Sn-117m iodide complex with an organic solvent from an aqueous cadmium solution containing a dissolved irradiated cadmium target, an

acid and an iodide source. Layer of organic solvent containing iodide complex Sn-117m, which is characterized by low content of cadmium. Sn-117m can be back-extracted into aqueous solution.

EFFECT: invention enables to obtain Sn-117m without adding a carrier with high specific activity.

10 cl, 6 tbl

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0001] Настоящее изобретение в основном направлено на создание составов Sn-117m высокой чистоты и способов их приготовления.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

5 [0001] Действенность состава радиофармацевтического препарата может быть повышена, если повышена удельная активность и чистота радиоизотопа. Однако, удельная активность часто бывает ограничена доступными способами изготовления для изотопа и последующей технологией очистки. Поэтому, в области техники выявлена  
10 насущная необходимость в применимых в медицине радионуклидов, обладающих высокой удельной активностью и чистотой.

[0002] Tin-117m - это эффективный радиоизотоп в области ядерной медицины. Ядерно-физические и биохимические свойства, такие как 14-дневный период полураспада, гамма-излучение 158 кэВ (87%) и высокий выход конверсионных электронов малой дальности с энергиями 126 кэВ (64%), 152 кэВ (26%) и 129 кэВ (11%) Sn-117m было  
15 использовано для различных состояний костей и суставов, включая паллиативное лечение рака костей.

[0003] Существуют несколько известных способов изготовления составов Sn-117m без добавленных носителей (no-carrier-added, NCA). Например, в реакциях с использованием атомов мишени, отличных от олова, могут быть задействованы реакции,  
20 индуцированные протоном, реакции, индуцированные  $^3\text{He}$ , или реакции, индуцированные  $\alpha$ -частицами, на кадмиевых и индиевых мишенях. Такие реакции, как  $^{114}\text{Cd}(^3\text{He}, \gamma)$ ,  $^{114}\text{Cd}(\alpha, n)$ ,  $^{116}\text{Cd}(^3\text{He}, 2n)$ ,  $^{116}\text{Cd}(\alpha, 3n)$ ,  $^{115}\text{In}(d, \gamma)$ ,  $^{115}\text{In}(^3\text{He}, p)$  и  $^{115}\text{In}(\alpha, pn)$ , как известно, приводят к образованию NCA  $^{117m}\text{Sn}$ . Однако, в дополнение к способу генерирования  
25 изотопов, другой основной помехой, связанной с получением NCA- $^{117m}\text{Sn}$  с высокой удельной активностью, является отсутствие эффективного способа для отделения  $^{117m}\text{Sn}$  от облучаемого материала. Отделение небольших количеств желаемых частиц от намного большего матрикса (сокращение объема), как известно, является сложным,  
30 при использовании стандартных способов разделения, таких как хроматография или экстракция. Исторически, это был очень важный аспект очистки радионуклидов, вызывавший использование носителя, что придавало образцам сниженную удельную активность.

[0004] В Патентах США №№ 8,257,681 и 8,632,748, которые полностью включены в  
35 настоящий документ в виде ссылки, раскрывают способы экстракции и хроматографии, для обеспечения NCA-составов Sn-117m с высокой удельной активностью, из облученной кадмиевой мишени. Способы хроматографии, как правило, занимают много времени, по сравнению со способами жидкость-жидкостной экстракции. Однако, раскрытый способ экстракции, в котором применялась экстракция метилизобутилкетонем из  
40 раствора хлороводородной кислоты травленной облученной кадмиевой мишени, обеспечивал продукт в виде Sn-117m, который еще содержал значительное остаточное количество кадмия.

[0005] Поэтому, ввиду вышесказанного, еще существует необходимость в новых  
45 способах для получения NCA высокой чистоты, с высокой удельной активностью  $^{117m}\text{Sn}$ .

## СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0006] Данное изобретение создано на основе открытия, что Sn-117m можно селективно извлекать из объема кадмиевого матрикса, с использованием его иодидного комплекса.

[0007] Одной проблемой, связанной с получением Sn-117m без добавления носителя (no-carrier-added, NCA) Sn-117m с высокой удельной активностью, является отсутствие эффективного способа для отделения Sn-117m от облучаемой мишени. Эффективное отделение небольших количеств желаемых частиц от намного большего матрикса, т.е., сокращение объема, как известно, затруднено при использовании стандартных способов разделения, таких как хроматография или экстракция. Исторически, это являлось очень важным аспектом считки радионуклидов, вызывавшим использование носителя, что придавало образцам сниженную удельную активность, из-за разбавления не радиоактивными атомами мишени из носителя.

[0008] Таким образом, в соответствии с вариантом воплощения настоящего изобретения, обеспечен способ очистки состава Sn-117m с высокой удельной активностью, причем способ включает в себя: экстракцию иодидного комплекса Sn-117m органическим растворителем из кислотного водного раствора кадмия, содержащего растворенную облученную кадмиевую мишень, кислоту и источник иодида, для обеспечения слоя органического растворителя, содержащего иодидный комплекс Sn-117m.

### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ КОНКРЕТНЫХ ВАРИАНТОВ ВОПЛОЩЕНИЯ

[0009] Sn-117m, без использования носителя, может быть селективно экстрагирован из объема кадмиевого матрикса через его иодидный комплекс, подходящим органическим растворителем. Таким образом, также был разработан общий способ очистки Sn-117m от кадмия, и (не обязательно) других примесей металлов. Таким образом, притом, что настоящее изобретение строго не ограничено ядерной реакцией, которая используется для получения Sn-117m, реакция  $^{116}\text{Cd}(\alpha, 3n)^{117\text{m}}\text{Sn}$ , раскрытая в Патентах США №№ 8,257,681 и 8,632,748, которая приводит к образованию Sn-117m с высокой удельной активностью, является полезным способом для приготовления облученной мишени кадмия, содержащей Sn-117m типа NCA с высокой удельной активностью.

[0010] Облученную мишень кадмия, которая содержит Sn-117m, удаляют из ее материала основы, с использованием подходящего травителя, такого как хлороводородная кислота, азотная кислота, царская водка, или другие сильно кислые окислительные растворы. Смесь травителя может быть нагрета, для ускорения процесса травления. Полученный неочищенный раствор травителя мишени кадмия, содержащей Sn-117m, может быть подвергнут концентрированию путем упаривания, перед дальнейшей обработкой. Кроме того, концентрированный раствор может быть разбавлен или растворен in желаемой кислотной среде, такой как азотная кислота или серная кислота.

[0011] При наличии или отсутствии концентрирования/разбавления, неочищенный раствор травителя, перед экстракцией подходящим органическим растворителем, обрабатывают источником иодида. Не привязываясь ни к какой конкретной теории, растворение Sn-117m в кислотном растворе приводит к образованию комплексов в иодидом. С точки зрения химической перспективы,  $\text{Sn}^{+2}$  и  $\text{Sn}^{+4}$  легко образуют  $\text{SnI}_2$  и  $\text{SnI}_4$ . Примерные источники иодида включают в себя, но не ограничены, иодоводород (HI) или иодидную соль. Примерные иодидные соли включают в себя соли щелочных или щелочноземельных металлов. Например, для образования иодидного комплекса Sn-117m может быть использован иодид натрия, иодид калия или иодид магния. Кислотный раствор может быть образован с использованием HI. Дополнительно или в качестве альтернативы, неочищенный травитель может быть обработан сочетанием

серной кислоты и иодидной соли. Например,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с  $\text{NaI}$  можно использовать для обработки раствора травителя для образования иодидного комплекса  $\text{Sn-117m}$ . Обработанный раствор может быть выдержан в термостате в течение периода времени, допускающего образование иодидного комплекса.

[0012] Подходящие органические растворители включают в себя ароматические растворители, такие как бензол, толуол, ксилолы, этилбензол, хлорбензол, или галогенированные алкановые растворители, такие как дихлорметан, хлороформ или их сочетания.  $\text{Sn-117m}$ -иодидный комплекс может быть экстрагирован путем разделения раствора, обработанного кислотным иодидом, с частью органического растворителя. Например, могут быть смешаны равные объемы толуола и раствора, обработанного кислотным оксидом, с последующим разделением на органическую и водную фазы. Органическая фаза, которая содержит иодидный комплекс  $\text{Sn-117m}$ , может быть затем отделена от водной фазы. Экстракцию органического растворителя можно, по желанию, повторять несколько раз.

[0013] Слой (слои) органического растворителя может быть комбинированным, а органический растворитель можно удалять путем упаривания (например, отгонки во вращающемся испарителе) и повторно растворять в желаемой среде, такой как 4М  $\text{HCl}$ , перед дальнейшим использованием. Способ, используемый для получения и выделения  $\text{Sn-117m}$ , более подробно описан ниже.

[0014] В качестве альтернативы, слой (слои) органического растворителя(s) может быть подвергнут обратной экстракции подходящими растворами  $\text{HCl}$ , такими как 4М  $\text{HCl}$ . В этом варианте воплощения,  $\text{Sn-117m}$  подвергают обратной экстракции из слоя толуола в раствор 4М  $\text{HCl}$ . Процесс обратной экстракции можно, по желанию, повторять несколько раз.

[0015] Слои, подвергнутые обратной экстракции, можно комбинировать, отгонять для удаления остаточного органического растворителя, а затем возвращать назад в подходящую среду, перед дальнейшим использованием.

[0016] Способ, используемый для получения и выделения  $\text{Sn-117m}$ , более подробно описан ниже.

#### [0017] ОСНОВНОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ МИШЕНИ

Мишень для  $\text{Cd-116}$  на основе электроосажденной меди может быть приготовлена путем следующего примерного способа: раствор  $\text{Cd-116}$ , с высоко обогащенным  $^{116}\text{Cd}$ , может быть приготовлен путем растворения высоко обогащенного  $\text{Cd-116}$  в растворе серной кислоты. Кислотный раствор  $\text{Cd-116}$  может быть помещен в электролитическую ванну, в контакт с чистой медной мишенью. Источник питания может быть подключен к раствору мишени и к электроду раствора таким образом, чтобы отрицательный вывод был прикреплен к мишени, а положительный вывод был прикреплен к электроду раствора. Медная мишень может быть получена электроосаждением, с  $\text{Cd-116}$ , с использованием электрического тока, установленного в диапазоне примерно 60-100 мА в течение достаточной продолжительности времени, для обеспечения желаемого количества электроосажденного  $\text{Cd-116}$ . Процесс можно периодически приостанавливать для определения массы  $\text{Cd-116}$ , электроосажденной на мишень.

#### [0018] ОСНОВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО $^{117\text{m}}\text{Sn}$ по типу NCA

Облучение можно выполнять  $\alpha$ -частицами примерно при 30-60 МэВ, (например, с использованием циклотрона MC50 в Университете Медицинского центра Вашингтона, в Сиэтле, WA). После бомбардировки, облученную мишень можно оставить в покое, то позволяя продуктам с коротким периодом полураспада распадаться, а затем

облученную мишень кадмия можно подвергать травлению, для удаления слоя мишени кадмия с медного материала основы.

#### [0019] РАЗДЕЛЕНИЕ ПУТЕМ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

После облучения, облученный слой мишени кадмия может быть удален с медного материала основы путем растворения в растворе травителя, такой как нагретая хлороводородная кислота (например, 60°C) или азотная кислота раствор при комнатной температуре. Раствор травителя облученного слоя мишени кадмия затем впоследствии обрабатывают источником иодида, а затем экстрагируют один или более раз подходящим органическим растворителем. Раствор травителя можно подвергнуть концентрированию перед обработкой иодидом. Например, раствор травителя можно подвергнуть концентрированию почти досуха и ввести назад в желаемый кислотный раствор. Слой (слои) органического растворителя можно отделять от водных слоев, комбинировать и подвергать обратной экстракции дополнительными водными растворами. Эта технология предусматривает получение Sn-117m, обладающего активностью более 50 мКи, удельной активностью более 10000 Ки/г и содержащего примеси металлов менее 1 ч. на млн. Кроме того, это обеспечивает получение Sn-117m из Cd, с соотношением Cd:Sn менее 1.

[0020] Изобретение далее будет оценено в свете следующих подробных примеров:

[0021] Пример 1:

[0022] *Образец, очищенный в колонном реакторе согласно уровню техники:* образец материала, ранее очищенный в ионнообменной колонне ( $\text{SnCl}_4$ ), который содержал повышенные уровни остаточного Cd, Cu и других металлов, был очищен путем отбора смеси в 3 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; отгонки 20%-ным NaI; экстракции толуолом; и обратной экстракции 6 М HCl. Слой толуола был проанализирован, и было выявлено, что Cu и Cd имеют содержание ниже уровней обнаружения.

[0023] Пример 2:

[0024] *Облученный образец мишени:*

[0025] Облученная мишень была протравлена дважды 2М  $\text{HNO}_3$  и 1М промывочной воды. Скомбинированные растворы были подвергнуты концентрированию до достижения 12 мл, разделены на 3 мл растворы травителя, а затем подвергнуты дальнейшей обработке следующим образом:

[0026] *Образец А (63-1):* Примерно 3 мл раствора травителя (19,76 мКи Sn-117m) было объединено с 3 мл концентрированного (57 мас.%) HI а затем выдержан в термостате в течение 8 минут. Был исследован некий осадок, который может представлять собой  $\text{CdI}_2$ . Выдержанный в термостате раствор был дважды экстрагирован порциями толуола 3 мл. Первый экстракт толуола содержал 21,4 мКи Sn-117m, а второй экстракт толуола содержал 1,8 мКи Sn-117m. Скомбинированные слои толуола были дважды подвергнуты обратной экстракции 3 мл порциями 4 М HCl. Первый обратный экстракт HCl содержал 14,47 мКи Sn-117m, а второй обратный экстракт HCl содержал 4,41 мКи Sn-117m. Обратные экстракты были объединены, подвергнуты перегонке, возвращены назад в 1 мл 4М HCl, а затем проанализированы, с получением 11,98 мКи Sn-117m, 87 ч. на млн. Cd, 6,5 ч. на млн. Cu, а Fe не было обнаружено.

[0027] *Образец В (63-2):* Примерно 3 мл травильного раствора (20,11 мКи Sn-117m) было объединено с 3 мл концентрированного (57 мас.%) HI, а затем выдержано в термостате в течение 10 минут. Выдержанный в термостате раствор был дважды экстрагирован 10 мл порциями толуола. Первый экстракт толуола содержал 18,13 мКи

Sn-117m, а второй экстракт толуола содержал 0,94 мКи Sn-117m. Скомбинированные  
слои толуола были дважды подвергнуты обратной экстракции 10 мл порциями 4 М  
HCl. Первый обратный экстракт HCl содержал 10,66 мКи Sn-117m, а второй обратный  
экстракт HCl содержал 3,33 мКи Sn-117m. Обратные экстракты были скомбинированы,  
5 подвергнуты перегонке, возвращены назад в 1 мл 4 М HCl, а затем проанализированы,  
с получением 15,8 мКи Sn-117m, 270 ч. на млн. Cd, 14 ч. на млн. Cu и остатка Fe.

[0028] *Образец C (63-3)*: Примерно 3 мл травильного раствора (17,3 мКи Sn-117m)  
было скомбинировано с 3 мл NaI, а затем выдержано в термостате в течение 10 минут.  
Экстракция выдержанного в термостате раствора была проведена дважды 3 мл  
10 порциями толуола, и удаленный толуол содержал примерно 30 мКи Sn-117m, и  
образование эмульсии было значительным, хотя и не слишком трудной для разрушения.  
К травильному раствору было добавлено 2 мл 3М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, с последующим  
выдерживанием в термостате в течение 5 минут. Этот выдержанный в термостате  
раствор был один раз экстрагирован 3 мл порцией толуола, но в удаленном толуоле  
15 содержалось только примерно 1 мКи Sn-117m. Как таковой, был добавлен 5 мл  
концентрированный (57 мас.%) HI, и раствор был снова выдержан в термостате в  
течение примерно 10 минут. Экстракция этого выдержанного в термостате раствора  
была выполнена с помощью двух 5 мл порций толуола. Первый из этих экстрактов  
толуола содержал 14,47 мКи Sn-117m, а второй из этих экстрактов толуола содержал  
20 3,71 мКи Sn-117m. Эти экстракты толуола были скомбинированы и трижды подвергнуты  
обратной экстракции 3 мл порциями 4М HCl, где первый обратный экстракт содержал  
5,01 мКи, второй обратный экстракт содержал 5,54 мКи, а третий обратный экстракт  
содержал 2,14 мКи. Обратные экстракты были скомбинированы, подвергнуты перегонке,  
возвращены в 1,2 мл 4М HCl, а затем проанализированы, с получением 11,12 мКи Sn-  
25 117m, 14 ч. на млн. Cd, 7,5 ч. на млн. Cu, и полным отсутствием обнаружимого Fe.

[0029] Пример 3:

[0030] (66-1 и 66-2). Облученная мишень Cd-116 была дважды протравлена 10 мл 2н  
HNO<sub>3</sub>, а затем промыта 10 мл деионизованной воды. Травители и промывочная жидкость  
30 были объединены, и результирующий объем уменьшился (во вращающемся испарителе)  
до 20 мл. Небольшая аликвота раствора была разбавлена для анализа на Cd и Cu  
методом индуктивно-связанной плазмы (ИСП). Этот раствор был разделен на две  
приблизительно равные части. Результаты приведены в Таблице 1 ниже:

Таблица 1. Исходные анализы для травителей 66-1 и 66-2

| Трави-<br>тель | Масса,<br>г | Активность,<br>мКи | [Cd],<br>ч. на млн. | Масса Cd,<br>мг | Cd/Sn,<br>мг/мКи | [Cu],<br>ч. на млн. | Масса Cu,<br>мг | Cu/Sn,<br>мг/мКи |
|----------------|-------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| 66-1           | 10,3658     | 73,5               | 40,580              | 420,7           | 5,72             | 2476                | 25,66           | 0,349            |
| 66-2           | 11,9994     | 76,1               | 40,580              | 486,9           | 6,40             | 2476                | 29,71           | 0,390            |

[0031] Каждый из образцов был помещен в 50-мл пластмассовую центрифужную  
40 пробирку (Фалкон). Было добавлено 10 мл 57% HI TraceMetal, и полученные растворы  
были выдержаны в термостате при комнатной температуре (66-1: 15 минут; 66-2: 35  
минут). Затем, к каждой пробирке было добавлено 10 мл толуола ВЭЖХ-марки.  
Пробирки были закрыты колпачками и энергично взболтаны в течение одной минуты.  
Фазы were оставлены разделяться, и толуоловые фазы были удалены пипеткой и собраны  
45 в другой пробирке Фалкон. Растворы Cd/HNO<sub>3</sub>/HI затем были подвергнуты экстракции  
второй 10 мл порции толуола. Фракции толуола из каждого травителя были объединены.

[0032] К каждой (новой) пробирке Фалкон, содержащей 20 мл раствора толуола  
было добавлено 15 мл 4н HCl. Пробирки были закрыты пробками и энергично

взболтаны в течение одной минуты. После того, как фазы были оставлены разделяться, (нижняя) фаза HCl была перемещена с помощью пипетки в другую пробирку Фалкон. Обратная экстракция посредством HCl была повторена, и фазы HCl для каждого травильного раствора были скомбинированы. Для предотвращения потерь, вызванных летучестью SnCl<sub>4</sub>, фазы HCl были разбавлены приблизительно 200 мл 2н HNO<sub>3</sub>, и растворы уменьшились почти досуха за счет вращательного испарения. Полученный радиохимический Sn-117m был введен в приблизительно 1 мл 4н HCl. Окончательные анализы для радиохимических растворов приведены в Таблице 2 (активности Sn-117m скорректированы по распаду на момент исходных анализов травителей); выходы, удельные активности (активность мКи для Sn-117m на мг Sn) и коэффициенты уменьшения для Cd и Cu относительно Sn-117m приведены в Таблице 3.

Таблица 2. Analytical results для 66-1 и 66-2 products

| Конечные данные | Масса, г | Активность, мКи (скорректированная по распаду) | [Cd], ч. на млн. | Масса Cd, мг | Cd/Sn, мг/мКи | [Cu], ч. на млн. | Масса Cu, мг | Cu/Sn, мг/мКи |
|-----------------|----------|------------------------------------------------|------------------|--------------|---------------|------------------|--------------|---------------|
| 66-1            | 1,0587   | 51,4                                           | 39,5             | 0,04182      | 8,535E-4      | 3,1              | 3,282E-3     | 6,698E-5      |
| 66-2            | 1,1640   | 67,8                                           | 11,5             | 0,01339      | 2,063E-4      | 1,1              | 1,280E-3     | 1,972E-5      |

Таблица 3. Выходы, удельные активности и снижение содержания Cd и Cu для 66-1 и 66-2

| Проба | Выход, % | Конечные данные [Sn], ч. на млн. | Масса Sn, мг | Удельная активность, мКи/мг | Снижение содержания Cd | Снижение содержания Cu |
|-------|----------|----------------------------------|--------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| 66-1  | 69,9     | 2,4                              | 2,541E-3     | 19,280                      | 6700:1                 | 5200:1                 |
| 66-2  | 89,1     | 2,7                              | 3,143E-3     | 20,650                      | 31,000:1               | 19,800:1               |

[0033] Пример 4:

[0034] Облученная мишень (67-1) была протравлена, как было описано выше; но в этом случае у всего травителя объем был снижен до получения одного, 10 мл раствора. Было добавлено 10 мл 57% HI, и раствор Cd/HI/HNO<sub>3</sub> был проанализирован методом ИСП. Результаты приведены в Таблице 4:

Таблица 4. Аналитические результаты для травителя 67-1

| Травитель | Масса, г | Активность, мКи | [Cd], ч. на млн. | Масса Cd, мг | Cd/Sn, мг/мКи | [Cu], ч. на млн. | Масса Cu, мг | Cu/Sn, мг/мКи |
|-----------|----------|-----------------|------------------|--------------|---------------|------------------|--------------|---------------|
| 67-1      | 39,3904  | 139,4           | 30,080           | 1185         | 8,50          | 1665             | 65,59        | 0,471         |

[0035] Смесь была выдержана в термостате при комнатной температуре в течение 60 минут, а затем экстрагирована толуолом, затем подвергнута обратной экстракции 4н HCl, как сказано выше. Скомбинированные фракции HCl были разбавлены 2н HNO<sub>3</sub> и перегнаны с помощью вращательного испарителя. Радиохимическое вещество было введено в 1,3 мл 4н HCl. Аналитические результаты приведены в Таблице 5; выход, удельная активность и коэффициенты уменьшения приведены в Таблице 6.

Таблица 5. Аналитические результаты для продукта 67-1

| Конечные данные | Масса, г | Активность, мКи (скорректированная по распаду) | [Cd], ч. на млн. | Масса Cd, мг | Cd/Sn, мг/мКи | [Cu], ч. на млн. | Масса Cu, мг | Cu/Sn, мг/мКи |
|-----------------|----------|------------------------------------------------|------------------|--------------|---------------|------------------|--------------|---------------|
| 67-1            | 1,4274   | 113,1                                          | 36,6             | 0,05224      | 4,741E-4      | 1,6              | 2,284E-3     | 2,072E-5      |

Таблица 6. Выход, удельная активность и снижение содержания Cd и Cu для 67-1

| Проба | Выход, % | Конечные данные [Sn], ч. на млн. | Масса Sn, мг | Удельная активность, мКи/мг) | Снижение содержания Cd | Снижение содержания Cu |
|-------|----------|----------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| 67-1  | 81,2     | 3,8                              | 5,424E-3     | 20,850                       | 17,900:1               | 22,700:1               |

[0036] Эти примеры демонстрируют, что настоящее изобретение обеспечивает Sn-117m без добавления носителя, с высокой удельной активностью, с крайне низкими уровнями содержания примесей.

[0037] Тогда как настоящее изобретение было проиллюстрировано описанием одного или более его вариантов воплощения, и тогда как варианты воплощения были описаны со значительными деталями, их не следует рассматривать как сужающие или каким-либо образом ограничивающие объем прилагаемой формулы изобретения до таких деталей. Дополнительные преимущества и модификации должны быть без труда поняты специалистами в данной области техники. Поэтому, изобретение в своих самых широких аспектах не ограничено конкретными деталями, характерными приборами и способами и показанными и описанными иллюстративными примерами. Следовательно, от таких деталей могут быть сделаны отступления, без отклонения от объема или сущности общей изобретательской концепции Заявителей.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ очистки состава Sn-117m с высокой удельной активностью, включающий стадии, на которых:

иодидный комплекс Sn-117m экстрагируют органическим растворителем из кислотного водного раствора кадмия, причем упомянутый раствор кадмия содержит растворенную облученную мишень кадмия, кислоту и источник иодида, для обеспечения слоя органического растворителя, содержащего иодидный комплекс Sn-117m, в котором снижено содержание кадмия, и водного слоя кислотного кадмия, слой органического растворителя, содержащего иодидный комплекс Sn-117m, отделяют от водного слоя кислотного кадмия для обеспечения органического раствора, обогащенного по Sn-117m, и осуществляют обратную экстракцию Sn-117m в кислотный раствор путем промывки слоя органического растворителя раствором хлороводородной кислоты для обеспечения водного раствора, обогащенного по Sn-117m, при этом содержание кадмия в водном растворе, обогащенном по Sn-117m, снижено более чем в 100 раз, по сравнению с кислотным водным раствором кадмия, содержащим растворенную облученную мишень кадмия.

2. Способ по п. 1, в котором органический растворитель выбран из группы, состоящей из ароматических растворителей и галогенированных алкановых растворителей и их смесей.

3. Способ по п. 1, в котором органический растворитель содержит толуол.

4. Способ по п. 1, в котором источник иодида выбран из иодоводорода, иодидной соли и их смесей.

5. Способ по п. 4, в котором иодидная соль выбрана из группы, состоящей из солей щелочных металлов и солей щелочноземельных металлов и их смесей.

6. Способ по п. 1, дополнительно включающий:

растворение облученной мишени кадмия, содержащей некоторое количество Sn-117m с высокой удельной активностью, с образованием упомянутого раствора кадмия.

7. Способ по п. 1, в котором раствор хлороводородной кислоты представляет собой, по меньшей мере, 4M HCl.

8. Способ по п. 1, в котором содержание кадмия в водном растворе, обогащенном по Sn-117m, снижено более чем в 1000 раз, по сравнению с кислотным водным раствором

кадмия, содержащим растворенную облученную мишень кадмия.

9. Способ по п. 1, в котором водный раствор, обогащенный по Sn-117m, имеет массовое отношение Cd к Sn менее 1.

10. Способ по п. 1, в котором иодидный комплекс Sn-117m представляет собой  
5 тетраиодид олова.

10

15

20

25

30

35

40

45