



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013140539/02, 30.01.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.01.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
03.02.2011 FR 11 50871

(43) Дата публикации заявки: 10.03.2015 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 27.09.2016 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2239666 C1, 10.11.2004. US 4290967
A, 22.09.1981. US 5393322 A, 28.02.1995. RU
2147619 C1, 20.04.2000. RU 2147619 C1,
20.04.2000.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 03.09.2013(86) Заявка РСТ:
EP 2012/051435 (30.01.2012)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/104246 (09.08.2012)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Е.Е.Назиной

(72) Автор(ы):

ГОЭТТМАНН, Фредерик (FR),
СМУТЕК, Бернхард (DE),
ГРАНДЖАН, Аньес (FR)

(73) Патентообладатель(и):

КОММИССАРИАТ А Л'ЭНЕРЖИ
АТОМИК ЭО ЭНЕРЖИ АЛЬТЕРНАТИВ
(FR)

(54) СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ПО МЕНЬШЕЙ МЕРЕ ОДНОГО ПЛАТИНОВОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ
КИСЛОГО ВОДНОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО, ПОМИМО ЭТОГО ПЛАТИНОВОГО
ЭЛЕМЕНТА, ОДИН ИЛИ НЕСКОЛЬКО ДРУГИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу извлечения платиновых элементов, содержащихся в кислом водном растворе, содержащем и другие химические элементы, помимо указанного платинового элемента. Предложенный способ включает два этапа. Этап приведения в контакт кислого водного раствора с восстанавливающим количеством восстановителя, который является бессернистым и неглицидным спиртовым соединением, выбранным из циклических, возможно ароматических, спиртов и

алифатических полиолов, в результате чего указанный платиновый элемент восстанавливается до его нулевой степени окисления. А также этап выделения восстановленного платинового элемента из кислого водного раствора. Обеспечивается селективность экстрагирования, снижение стоимости процесса уменьшение количества побочных продуктов. 23 з.п. ф-лы, 3 ил., 1 табл., 3 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C22B 11/00 (2006.01)*C22B* 3/44 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013140539/02, 30.01.2012

(24) Effective date for property rights:
30.01.2012

Priority:

(30) Convention priority:
03.02.2011 FR 11 50871

(43) Application published: 10.03.2015 Bull. № 7

(45) Date of publication: 27.09.2016 Bull. № 27

(85) Commencement of national phase: 03.09.2013

(86) PCT application:
EP 2012/051435 (30.01.2012)(87) PCT publication:
WO 2012/104246 (09.08.2012)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B.Spaskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. E.E.Nazinoj

(72) Inventor(s):

GOETTMANN, Frederik (FR),
SMUTEK, Bernkhard (DE),
GRANDZHAN, Anes (FR)

(73) Proprietor(s):

KOMMISSARIAT A L'ENERZHI ATOMIK
E O ENERZHI ALTERNATIV (FR)

(54) **METHOD OF SEPARATING AT LEAST ONE PLATINOID ELEMENT FROM ACIDIC AQUEOUS SOLUTION COMPRISING, BESIDES SAID PLATINOID ELEMENT, ONE OR MORE OTHER CHEMICAL ELEMENTS**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to a method of recovering platinoid elements contained in an acidic aqueous solution comprising chemical elements other than platinoid element. Disclosed method comprises two steps. Step of bringing acidic aqueous solution into contact with a reducing amount of a reducing agent which is a non-sulphurous and non-glucidic alcoholic

compound chosen from cyclic, optionally aromatic, alcohols and aliphatic polyols, which reduces platinoid element to its zero oxidation state. Step of separating reduced platinoid element from acidic aqueous solution.

EFFECT: selective extraction, reduced cost of process of reducing amount of by-products.

24 cl, 3 dwg, 1 tbl, 3 ex

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к способу выделения по меньшей мере одного платинового элемента из кислого водного раствора, содержащего, помимо этого платинового элемента, один или несколько других химических элементов.

5 Выше и далее уточним, что под "платиновым элементом" понимается элемент, который может быть выбран из платины, палладия, родия, рутения, иридия, осмия.

Изобретение может найти применение в области обработки и вторичного использования облученного ядерного топлива, где оно особенно выгодно для селективного извлечения платинового элемента из водных растворов высокой

10 активности, как, например, рафинаты с обработки облученного ядерного топлива.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Процессы, позволяющие экстрагировать и очистить уран и плутоний, присутствующие в жидкостях от растворения облученного ядерного топлива, создают потоки, которые принято называть рафинатами.

15 Рафинаты представляют собой водные растворы с высокой концентрацией азотной кислоты, обычно от 2 до 5 М, содержащие два младших актинида, а именно америций и кюрий, лантаниды, как лантан, церий, празеодим, неодим, самарий и европий, другие продукты деления, не являющиеся лантанидами такие, как молибден, цирконий, рубидий, рутений, родий, палладий и иттрий, а также продукты коррозии, как железо и хром.

20 В настоящее время управление рафинатами заключается в их максимально возможном концентрировании, а затем в выдерживании их в стекловидных матрицах в целях временного хранения до отправки на окончательное захоронение.

Однако присутствие платиновых элементов (таких, как палладий, родий и рутений) создает на уровне стеклования следующие сложности, наряду с прочими:

- 25 - они имеют ограниченную растворимость в задерживающем стекле;
- они имеют тенденцию образовывать частицы, которые осаждаются в тиглях для стеклования и вследствие этого сильно нарушают функционирование процесса остекловывания.

Именно чтобы преодолеть эти трудности, а также в целях возврата в цикл платиновых 30 элементов (в связи, в частности, с прогнозируемым дефицитом природных ресурсов этих элементов), некоторые авторы разработали способы извлечения этих элементов из раствора, содержащего их, а также другие радиоактивные элементы.

Были разработаны разные технологии выделения, среди которых можно назвать:

- методы электрохимического восстановления в среде азотной кислоты, чтобы 35 осадить на электрод платиновые элементы, которые хотят выделить, как описано в US 2003/0099322, однако, эти методы имеют недостатком относительную сложность их внедрения;

- методы экстракции жидкость-жидкость, требующие использования экстрагентов, таких, как нитрат трикаприлметиламмония (как описано в US 4162231) или 40 диалкилсульфид (как описано в US 5503812), однако, эти методы имеют недостатком образование значительных количеств побочных продуктов;

- методы осаждения путем химического восстановления платиновых элементов в среде азотной кислоты, что требует использования химического восстановителя такого, как сахараза, как описано в US 4290967, но при этом способе осуществления создают 45 проблемы реакции деазотирования, которая является сильно экзотермической, что могло бы стать причиной самовозгорания азотнокислой среды.

Чтобы устранить недостатки, присущие методам, применяющимся согласно уровню техники, авторы настоящего изобретения предложили разработать новый способ

извлечения одного или нескольких платиновых элементов, содержащихся в кислом водном растворе, например в водном растворе азотной кислоты, содержащем и другие химические элементы такие, как радиоактивные элементы.

Так, неожиданно авторы обнаружили, что при применении некоторых органических спиртов можно селективно экстрагировать платиновые элементы, содержащиеся в кислом водном растворе, простым и недорогим способом, не приводящим к образованию больших количеств побочных продуктов и не имеющим недостатков, связанных с интенсивными реакциями деазотирования, когда кислый водный раствор является водным раствором азотной кислоты.

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Таким образом, изобретение относится к способу извлечения по меньшей мере одного платинового элемента, содержащегося в кислом водном растворе, включающем, помимо указанного платинового элемента, и другие химические элементы, причем указанный способ содержит следующие этапы:

- этап приведения в контакт указанного кислого водного раствора с восстанавливающим количеством восстановителя, который является бессернистым и неглицидным спиртовым соединением, выбранным из циклических, возможно ароматических, спиртов и алифатических полиолов, в результате чего указанный платиновый элемент восстанавливается до его нулевого состояния окисления;

- этап выделения указанного платинового элемента, восстановленного таким способом, из указанного кислого водного раствора.

Прежде чем вдаваться в детали, описывая изобретения, необходимо уточнить следующие определения.

В изложенном выше и ниже под платиновым элементом понимается металлический элемент, существующий в степени окисления отличной от 0, причем указанный металлический элемент выбран из платины, палладия, родия, рутения, иридия, осмия.

Благодаря выбору особых спиртов, использующихся в особых количествах (а именно, в количествах, позволяющих восстановить платиновый элемент или элементы, присутствующие в кислом водном растворе, до степени окисления 0), можно получить селективное, по сравнению с другими химическими элементами, присутствующими в кислом водном растворе, восстановление платинового элемента или элементов, без загрязнения его серой из указанного раствора (благодаря тому, что спирты являются бессернистыми), которое было бы полностью неприемлемым для остекловывания полученного так раствора после выделения указанных платиновых элементов.

Как упоминалось выше, бессернистые и неглицидные спирты, подходящие для применения в способе по изобретению, могут быть циклическими спиртами, возможно ароматическими спиртами, то есть другим словами:

- циклическими углеводородными соединениями, возможно ароматическими, содержащими по меньшей мере один цикл, к которому непосредственно присоединена по меньшей мере одна гидроксильная группа; или

- циклическими углеводородными соединениями, возможно ароматическими, цикл которых несет по меньшей мере одну углеводородную группу, линейную или разветвленную, насыщенную или ненасыщенную, причем указанная углеводородная группа несет по меньшей мере одну гидроксильную группу.

Что касается циклических углеводородных соединений, содержащих по меньшей мере один цикл, к которому непосредственно присоединена по меньшей мере одна гидроксильная группа, можно назвать алициклические и моноциклические соединения, содержащие от 4 до 10 атомов углерода, несущие по меньшей мере одну гидроксильную

группу. В качестве примера соединений, отвечающих этой дефиниции, можно назвать циклогексанол.

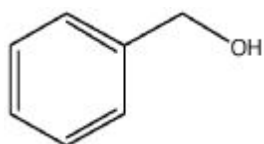
Что касается циклических углеводородных соединений, возможно ароматических, цикл которых несет по меньшей мере одну углеводородную группу, линейную или разветвленную, насыщенную или ненасыщенную, несущую по меньшей мере одну гидроксильную группу, можно назвать моноциклические ароматические соединения, цикл которых несет по меньшей мере одну углеводородную группу, линейную или разветвленную, несущую по меньшей мере одну гидроксильную группу, причем цикл, возможно, несет также одну или несколько других групп, не являющихся вышеупомянутой углеводородной группой таких, как группы алкокси, -ОН.

Более точно, это могут быть фенильные соединения, фенильная группа которых несет по меньшей мере одну углеводородную группу, линейную или разветвленную, насыщенную или ненасыщенную, которая может содержать от 4 до 10 атомов углерода, причем указанная углеводородная группа несет по меньшей мере одну гидроксильную группу, и причем указанная фенильная группа может также нести одну или несколько других групп, не являющихся вышеупомянутой углеводородной группой.

Согласно первому варианту, особые соединения, отвечающие данному выше определению, могут быть фенильными соединениями, фенильная группа которых несет насыщенную углеводородную группу, линейную или разветвленную, содержащую от 1 до 4 атомов углерода, причем указанная углеводородная группа несет гидроксильную группу.

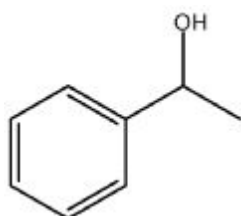
Более точно, особые соединения, отвечающие этому определению, могут быть фенильными соединениями, фенильная группа которых несет группу $-\text{CH}_2\text{-OH}$ и, возможно, по меньшей мере одну группу, выбранную из групп алкокси или -ОН.

Когда соединение состоит из фенильного кольца, несущего только одну группу $-\text{CH}_2\text{OH}$, оно соответствует бензиловому спирту следующей формулы



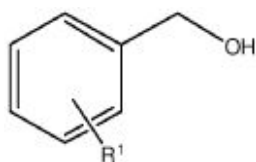
Другие особые соединения, отвечающие этому определению, могут быть фенильными соединениями, фенильная группа которых несет группу $-\text{CH(OH)-CH}_3$ и, возможно, по меньшей мере одну группу, выбранную из групп алкокси или -ОН.

Когда соединение состоит из фенильного кольца, несущего только группу $-\text{CH(OH)-CH}_3$, оно соответствует спирту следующей формулы



обычно обозначаемым термином 1-фенил-1-этанол.

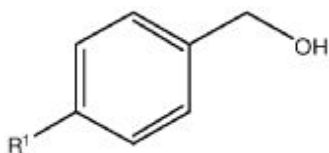
Когда соединение состоит из фенильной группы, несущей группу $-\text{CH}_2\text{OH}$ и по меньшей мере одну группу, отличную от $-\text{CH}_2\text{OH}$, оно может соответствовать производному бензинового спирта следующей формулы



в которой R^1 означает группу алкокси или гидроксильную группу.

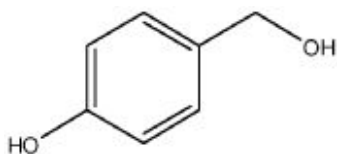
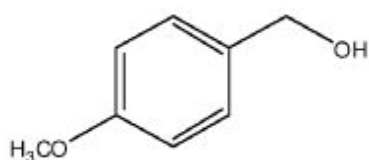
R^1 может находиться в орто-, мета- или параположении относительно группы $-CH_2-OH$.

Предпочтительно, R^1 находится в параположении относительно группы $-CH_2-OH$, и в этом случае соединение отвечает следующей формуле



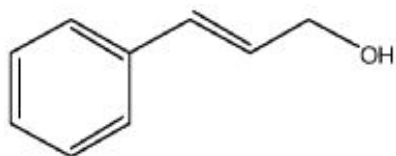
где R^1 таково, как определено выше.

Особые соединения, отвечающие приведенному выше определению, могут быть 4-метоксибензиловым спиртом или 4-гидроксibenзиловым спиртом, которые отвечают, соответственно, следующим формулам



Согласно второму варианту, особые соединения, отвечающие приведенному выше определению (а именно, соединения, относящиеся к семейству фенильных соединений, у которых фенильная группа несет по меньшей мере одну углеводородную группу, линейную или разветвленную, насыщенную или ненасыщенную, которая может содержать от 1 до 4 атомов углерода, причем указанная группа несет по меньшей мере одну гидроксильную группу), могут быть фенильными соединениями, у которых фенильная группа несет по меньшей мере одну ненасыщенную углеводородную группу, линейную или разветвленную, которая может содержать от 2 до 4 атомов углерода, причем эта углеводородная группа несет по меньшей мере одну гидроксильную группу.

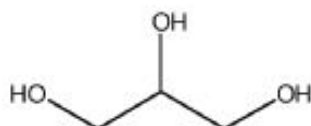
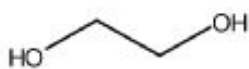
Более точно, соединения, отвечающие этому определению, могут быть фенильными соединениями, у которых фенильная группа несет мононенасыщенную углеводородную группу, линейную или разветвленную, которая может содержать от 2 до 4 атомов углерода, например группу $-CH=CH-CH_2-OH$, причем одним частным примером таких соединений является циннамиловый спирт следующей формулы



Как упоминалось выше, бессернистые и неглицидные спирты, подходящие для применения в способе по изобретению, могут быть алифатическими полиолами, а

именно линейными или разветвленными углеводородными соединениями, содержащими по меньшей мере две гидроксильные группы. Эти соединения могут содержать от 2 до 4 атомов углерода.

Предпочтительно, эти соединения могут быть этиленгликолем или глицерином с



В частности, платиновый элемент согласно изобретению может быть палладием.

Восстанавливающее количество восстановителя, необходимое, чтобы восстановить платиновый элемент или элементы до их степени окисления 0, могут быть выбраны специалистом на основе простых экспериментальных тестов (при этом восстановление до нулевой степени окисления можно наблюдать визуально по осаждению платинового элемента или элементов).

Согласно изобретению, кислый водный раствор может быть азотнокислым раствором (то есть другими словами, водным раствором азотной кислоты).

В этом случае использование определенных выше особых спиртов помогает избежать, кроме того, сильно экзотермических реакций деазотирования азотнокислого раствора, реакций, которые классически инициируются присутствием в азотнокислом растворе восстановителей глицидов (как сахара).

Согласно изобретению, азотнокислый раствор, предназначенный для обработки согласно способу по изобретению, может быть рафинатом (или водным раствором), поступающим с процесса обработки облученного ядерного топлива, причем способ включает обычно:

- этап растворения отработанного топлива в очень концентрированном водном растворе азотной кислоты, в результате чего получают водный раствор азотной кислоты, содержащий уран, плутоний, продукты деления (такие, как лантаниды, иттриевые элементы, один или несколько платиновых элементов), младшие актиниды (такие, как америций и кюрий), продукты коррозии;

- этап совместного извлечения урана и плутония из указанного водного раствора с помощью экстрагирующей органической фазы, в конце которого остается органическая фаза, содержащая уран и плутоний, и водная фаза, соответствующая вышеуказанному рафинату, содержащая, помимо вышеупомянутого платинового элемента или элементов (таких, как палладий, рутений, родий), два младших актинида, а именно, америций и кюрий, лантаниды, как лантан, церий, празеодим, неодим, самарий и европий, продукты деления, отличные от лантанидов и платиновых элементов, такие, как молибден, цирконий, рубидий и иттрий, а также продукты коррозии, как железо и хром.

Водный раствор азотной кислоты может быть водным раствором с высокой концентрацией азотной кислоты, обычно от 2 до 5 М.

После осуществления этапа добавления восстановителя, способ по изобретению включает этап выделения указанного платинового элемента, восстановленного таким образом, из указанного кислого водного раствора, причем этот этап может быть реализован, например, простой фильтрацией, операцией декантации или операцией центрифугирования.

Полученный так раствор, избавленный от всех или части платиновых элементов,

можно затем использовать в целях остекловывания обычными способами стеклования.

Далее изобретение будет описано на следующих примерах, данных в качестве иллюстрации, но не ограничения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

5 Фиг.1 показывает изменение количества палладия С1 (в г/л) в зависимости от добавленного количества бензилового спирта В1 (в г) через 16 часов реакции, согласно примеру 1 ниже.

Фиг.2 показывает изменение количества церия С2 (в г/л) в зависимости от количества добавленного бензилового спирта В2 (в г) через 16 часов реакции, согласно примеру 10 1 ниже.

Фиг.3 показывает концентрацию металлических ионов (палладий и церий), оставшихся в растворе С3 (в г/л) после нагревания при 150°C в течение 16 часов для разных спиртов, протестированных в примере 2.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ЧАСТНЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

15 Пример 1

Целью настоящего примера было исследование деления палладий/церий в азотнокислом растворе, используя бензиловый спирт.

В этом примере используют хлорид палладия $(\text{NH}_4)_2\text{PdCl}_4$ и нитрат церия $(\text{Ce}(\text{NO}_3)_3)$, причем палладий является платиновым элементом, а церий является одним из продуктов деления, присутствующих в рафинатах, и рассматривается как типичный представитель 20 всех лантанидов.

Для каждого из опытов в этом примере используют 10 мл раствора азотной кислоты концентрацией 1 моль/л, в который добавляют 71 мг хлорида палладия и 87 мг нитрата церия, то есть 0,2 ммоль палладия и 0,2 ммоль церия. После добавления желаемого 25 количества бензилового спирта растворы помещают в лабораторные автоклавы фирмы Parr и греют при желаемой температуре в течение 16 часов.

Были проведены разные серии опытов с различными количествами бензилового спирта при заданной температуре:

- одна серия опытов при 150°C с количествами бензилового спирта соответственно 30 0, 0,35, 0,4, 0,5 и 0,7 г;

- одна серия опытов при 180°C с количествами бензилового спирта соответственно 0, 0,35, 0,4, 0,5 и 0,7 г.

Для каждой из этих серий проводили измерение (методом ICP-AES) соответственно количества палладия и количества церия через 16 часов реакции, результаты этих 35 измерений приведены соответственно на следующих фигурах:

- Фиг.1, показывающей изменение количества палладия С1 (в г/л) в зависимости от добавленного количества бензилового спирта В1 (в г) через 16 часов реакции,

- Фиг.2, показывающей изменение количества церия С2 (в г/л) в зависимости от количества добавленного бензилового спирта В2 (в г) через 16 часов реакции.

40 Как можно видеть на этих Фигурах, температура 180°C позволяет осадить весь палладий при количестве бензилового спирта, начиная с 0,3 г, а также осадить довольно значительное количество церия, тогда как температура 150°C позволяет осадить весь палладий, начиная с концентрации бензилового спирта 0,3 г, позволяя осадить церий в меньшем количестве, чем при 180°C.

45 Было также установлено, что палладий осаждается в виде частиц диаметром сотни нанометров или около того внутри органической матрицы, состоящей из ароматического полимера, полученного в результате поликонденсации бензилового спирта и продуктов его окисления. Образование этой матрицы весьма облегчает разделение между

раствором, содержащим церий, и осажденным палладием. Кроме того, не обнаружено ощутимого избыточного давления в реакторе в конце реакции, что свидетельствует об отсутствии деазотирования или, по меньшей мере, свидетельствует об очень ограниченном процессе деазотирования, что доказывает безопасность способа по изобретению.

Пример 2

Целью настоящего примера является исследование разделения палладий/церий в азотнокислом растворе при использовании разных спиртов: бензиловый спирт (часть b на Фиг.3), 4-метоксибензиловый спирт (часть c на Фиг.3), глицерин (часть d на Фиг.3), 1-фенил-1-этанол (часть e на Фиг.3), этиленгликоль (часть f на Фиг.3), циннамиловый спирт (часть g на Фиг.3), 4-гидроксibenзиловый спирт (часть h на Фиг.3) и циклогексанол (часть i на Фиг.3). Один опыт был проведен без спирта (часть a на Фиг.3).

В этом примере используют хлорид палладия $((\text{NH}_4)_2\text{PdCl}_4)$ и нитрат церия $(\text{Ce}(\text{NO}_3)_3)$, причем палладий является платиновым элементом, а церий является одним из продуктов деления, присутствующих в рафинатах, и рассматривается как типичный представитель всех лантанидов.

Для каждого из опытов в этом примере используют 10 мл раствора азотной кислоты концентрацией 1 моль/л, в который добавляют 71 мг хлорида палладия и 87 мг нитрата церия, то есть 0,2 ммоль палладия и 0,2 ммоль церия. После добавления желаемого количества спирта (здесь 4,8 ммоль) растворы помещают в лабораторные автоклавы фирмы Рагг и греют при температуре 150°C в течение 16 часов.

Фиг.3 показывает концентрацию металлических ионов (палладий и церий), оставшихся в растворе СЗ (в г/л) после нагревания при 150°C в течение 16 часов для разных указанных выше спиртов.

Как следует из этой Фигуры, все испытанные спирты имеют хорошую селективность в отношении палладия.

Пример 3

Чтобы максимально возможно приблизиться к реальной системе, встречающейся при обработке водных потоков, поступающих с переработки отработанного топлива, были проведены опыты по селективному осаждению палладия на модельном растворе азотной кислоты (1,5 М), соответствующем составу, описанному в таблице ниже, и при полном содержании нитратов 3,5 моль/л.

Используемый оксид	Концентрация оксида (г/л)	Металлический элемент	Концентрация металлического элемента (г/л)
Na_2O	18,739	Na	13,90
Al_2O_3	7,378	Al	3,90
ZnO	0,209	Zn	0,17
ZrO_2	9,479	Zr	7,02
TeO_2	1,272	Te	1,02
Cs_2O	5,757	Cs	5,43
SrO	1,703	Sr	1,44
BaO	3,632	Ba	3,25
SnO_2	0,128	Sn	0,10
Cr_2O_3	0,222	Cr	0,15
Fe_2O_3	1,698	Fe	1,19
MnO_2	1,997	Mn	1,26
La_2O_3	6,444	La	5,49
Nd_2O_3	14,878	Nd	12,75

Ce ₂ O ₃	5,195	Ce	4,44
Pr ₂ O ₃	2,821	Pr	2,41
MoO ₃	9,413	Mo	6,27
P ₂ O ₅	0,925	P	0,40
-	-	Pd	2,98
Всего	91,89		70,61

Для реализации этих опытов использовалось 10 мл раствора. После добавления 500 мг бензилового спирта раствор помещали в лабораторный автоклав Parr и грели при 150°C в течение 16 часов. Эти манипуляции повторяли 4 раза, чтобы устранить возможные экспериментальные ошибки.

Количества палладия и церия, присутствующих в растворе в конце опыта, измеряли методом ICP-AES (другими словами, атомно-эмиссионной спектроскопией). Усредненные результаты, рассчитанные на основе 4 опытов, следующие:

- палладий 0,05 г/л

- церий 4,09 г/л.

Как можно видеть из этих результатов, палладий почти полностью удален, тогда как церий в значительной степени остается в растворе.

Формула изобретения

1. Способ извлечения платиновых элементов, содержащихся в кислом водном растворе, включающем, помимо указанных платиновых элементов, другие химические элементы, причем указанный способ содержит следующие этапы:

- этап приведения в контакт указанного кислого водного раствора с восстанавливающим количеством восстановителя, который является бессернистым и неглицидным спиртовым соединением, выбранным из циклических, необязательно ароматических, спиртов и алифатических полиолов, в результате чего по меньшей мере один указанный платиновый элемент восстанавливается до его нулевого состояния окисления;

- этап выделения указанного платинового элемента, восстановленного таким способом, из указанного кислого водного раствора.

2. Способ по п. 1, в котором циклические, необязательно ароматические, спирты являются циклическими, необязательно ароматическими, углеводородными соединениями, содержащими по меньшей мере один цикл, к которому непосредственно присоединена по меньшей мере одна гидроксильная группа.

3. Способ по п. 2, в котором циклические, необязательно ароматические, углеводородные соединения, содержащие по меньшей мере один цикл, к которому непосредственно присоединена по меньшей мере одна гидроксильная группа, являются алициклическими и моноциклическими соединениями с 4-10 атомами углерода, несущими по меньшей мере одну гидроксильную группу.

4. Способ по п. 3, в котором алициклическое и моноциклическое соединение является циклогексанолом.

5. Способ по п. 1, в котором циклические, необязательно ароматические, спирты являются циклическими, необязательно ароматическими, углеводородными соединениями, цикл которых несет по меньшей мере одну линейную или разветвленную, насыщенную или ненасыщенную углеводородную группу, которая несет по меньшей мере одну гидроксильную группу.

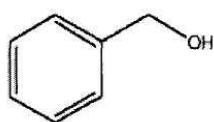
6. Способ по п. 5, в котором указанные соединения являются моноциклическими ароматическими соединениями, цикл которых несет по меньшей мере одну линейную

или разветвленную, насыщенную или ненасыщенную углеводородную группу, несущую по меньшей мере одну гидроксильную группу, и цикл которых, необязательно, несет также одну или несколько других групп, помимо вышеупомянутой углеводородной группы таких, как группы алкокси-, -ОН.

5 7. Способ по п. 6, в котором указанные соединения являются фенильными соединениями, фенильная группа которых несет по меньшей мере одну линейную или разветвленную, насыщенную или ненасыщенную углеводородную группу, которая может содержать от 1 до 4 атомов углерода, причем указанная углеводородная группа несет по меньшей мере одну гидроксильную группу, причем указанная фенильная
10 группа может также нести одну или несколько других групп, помимо вышеуказанной углеводородной группы.

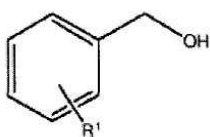
8. Способ по п. 7, в котором указанные соединения являются фенильными соединениями, фенильная группа которых несет группу -CH₂-ОН и, необязательно, по меньшей мере одну группу, выбранную из групп алкокси- или -ОН.

15 9. Способ по п. 8, в котором указанное соединение соответствует бензиловому спирту следующей формулы



20

10. Способ по п. 8, в котором указанное соединение соответствует производному бензинового спирта следующей формулы

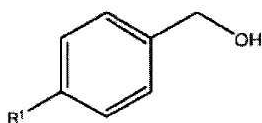


25

в которой R¹ означает группу алкокси- или гидроксильную группу.

30 11. Способ по п. 10, в котором R¹ находится в орто-, мета- или параположении относительно группы -CH₂-ОН.

12. Способ по п. 10 или 11, в котором R¹ находится в параположении относительно группы -CH₂-ОН, и при этом соединение отвечает следующей формуле

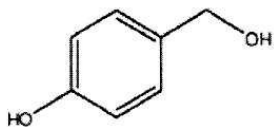
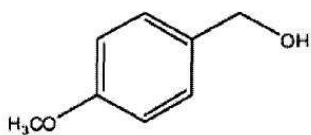


35

при этом R¹ таково, как определено в п. 10.

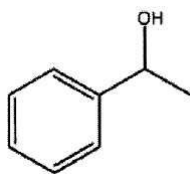
40 13. Способ по п. 12, в котором указанное соединение выбрано из 4-метоксибензинового спирта или 4-гидроксibenзинового спирта, которые отвечают соответственно следующим формулам

45



14. Способ по п. 7, в котором указанные соединения являются фенильными соединениями, фенильная группа которых несет группу $-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ и, необязательно, по меньшей мере одну группу, выбранную из групп алкокси- или $-\text{OH}$.

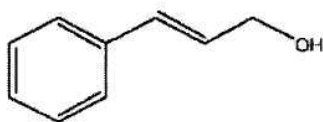
15. Способ по п. 14, в котором указанное соединение соответствует соединению следующей формулы



20 16. Способ по п. 7, в котором указанные соединения являются фенильными соединениями, в которых фенильная группа несет по меньшей мере одну линейную или разветвленную ненасыщенную углеводородную группу, которая может содержать от 2 до 4 атомов углерода.

25 17. Способ по п. 16, в котором указанные соединения являются фенильными соединениями, в которых фенильная группа несет группу $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$.

18. Способ по п. 17, в котором указанное соединение является циннамиловым спиртом следующей формулы



19. Способ по п. 1, в котором алифатические полиолы содержат от 2 до 4 атомов углерода.

20. Способ по п. 19, в котором указанное соединение является этиленгликолем.

21. Способ по п. 19, в котором указанное соединение является глицерином.

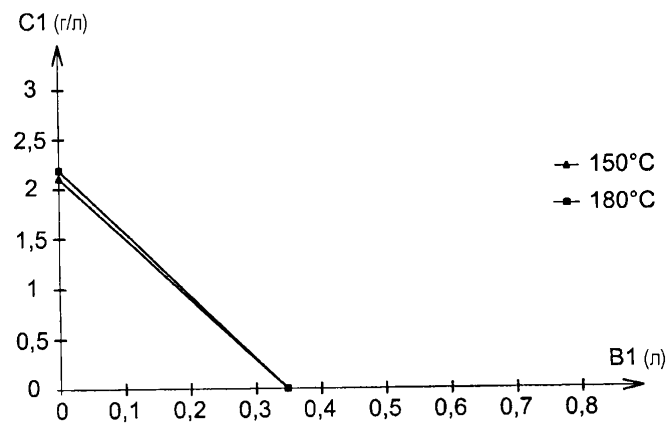
22. Способ по п. 1, в котором платиновый элемент является палладием.

23. Способ по п. 1, в котором кислый водный раствор является азотнокислым раствором.

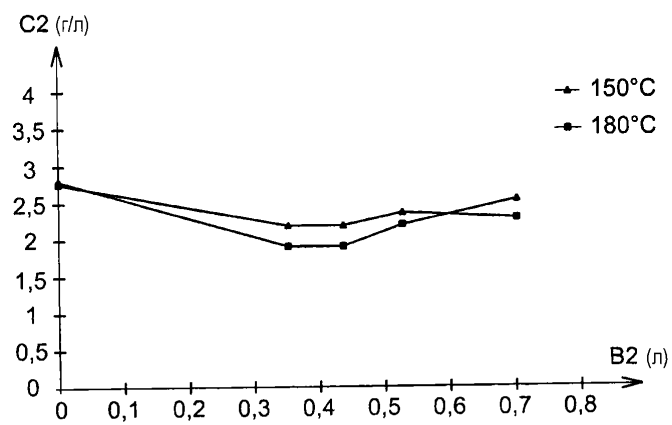
24. Способ по п. 23, в котором азотнокислый раствор является рафинатом с процессов обработки облученного ядерного топлива.

197920

1 / 2

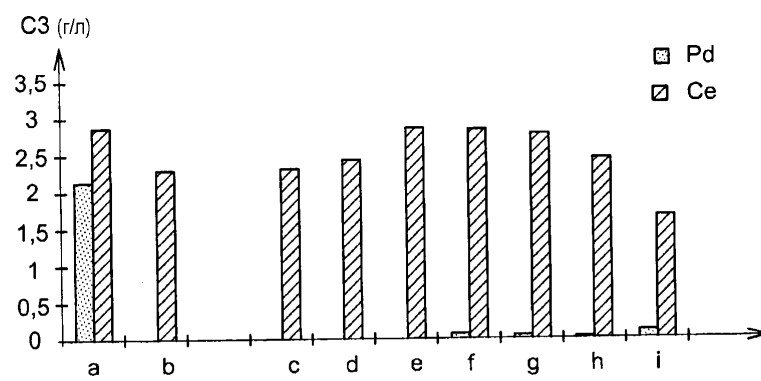


Фиг. 1



Фиг. 2

2 / 2



Фиг. 3