



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 980** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **C 22 B 11/00, 3/24**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

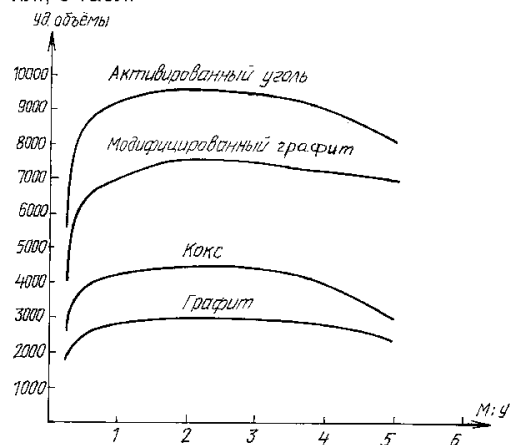
(21), (22) Заявка: 2000126217/02, 18.10.2000
(24) Дата начала действия патента: 18.10.2000
(43) Дата публикации заявки: 27.09.2002
(46) Дата публикации: 10.04.2003
(56) Ссылки: МЕРЕТУКОВ М.А. и др. *Металлургия благородных металлов. Зарубежный опыт.* - М.: *Металлургия*, 1991, с.270. EP 0049172 A2, 07.04.1982. FR 2358466 A1, 17.03.1978. GB 2127001, 04.04.1984.
(98) Адрес для переписки:
620026, г.Екатеринбург, ул. Декабристов, 20,
оф.213, Т.П. Батиной

(71) Заявитель:
ЗАО "Гагарка-Аи-ПВ"
(72) Изобретатель: Гребнев Г.С.,
Коньков В.А.
(73) Патентообладатель:
ЗАО "Гагарка-Аи-ПВ"

(54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ ИХ СОЛЕЙ (ВАРИАНТЫ)

(57)
Изобретение относится к области гидрометаллургии, к способам извлечения благородных металлов из растворов их солей. Способы включают взаимодействие перерабатываемых растворов в сорбционной колонне с углеродным сорбентом, насыщение сорбента и его переработку. По первому варианту перерабатываемые растворы предварительно подвергают взаимодействию с загрузкой из термодинамически нестабильных металлов, их сплавами, клинкером цинкового производства и/или соединениями металлов переменной валентности в низшей степени окисления, причем взаимодействие осуществляют до значений окислительно-восстановительного потенциала и величины pH, при которых извлекаемые металлы еще находятся в растворенном состоянии, после чего растворы перерабатывают с использованием углеродного сорбента упорядоченной и/или неупорядоченной структуры. По второму варианту перерабатываемые растворы пропускают через загрузку из углеродного сорбента упорядоченной и/или

неупорядоченной структуры в присутствии термодинамически нестабильных металлов, их сплавов и/или клинкера цинкового производства, доменных пылей при постоянном контакте элементов сорбента между собой. Способ позволяет увеличить извлечение металлов. 2 с. и 14 з.п.ф-лы, 1 ил., 6 табл.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 980** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **C 22 B 11/00, 3/24**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2000126217/02, 18.10.2000
(24) Effective date for property rights: 18.10.2000
(43) Application published: 27.09.2002
(46) Date of publication: 10.04.2003
(98) Mail address:
620026, g.Ekaterinburg, ul. Dekabristov, 20,
of.213, T.P. Batinoj

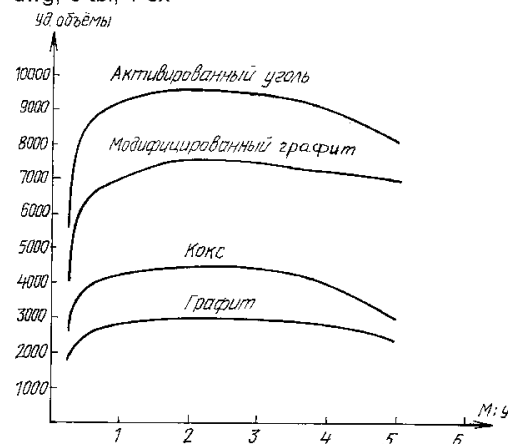
(71) Applicant:
ZAO "Gagarka-Ai-PV"
(72) Inventor: Grebnev G.S.,
Kon'kov V.A.
(73) Proprietor:
ZAO "Gagarka-Ai-PV"

(54) **METHOD OF EXTRACTION OF NOBLE METALS FROM SOLUTIONS OF THEIR SALTS (VERSIONS)**

(57) Abstract:

FIELD: hydrometallurgy; methods of extraction of noble metals from solutions of their salts. SUBSTANCE: method includes interaction of solutions being processed in sorption tower with carbon sorbent, saturation and processing of sorbent. According to first version, solutions being processed are preliminarily subjected to interaction with packing of thermodynamically unstable metals, their alloys, zinc process clinker and/or compounds of metals of varying valency at lowest degree of oxidation; interaction is performed to magnitudes of oxidizing reducing potential and pH at which metals remain in molten state; then solutions are processed with the use of carbon sorbent of ordered or disordered structure. According to second version, solutions to be processed are passed through packing of carbon sorbent of ordered or disordered structure in presence of thermodynamically unstable

metals, their alloys and/or zinc process clinker, blast-furnace dust at constant contact of sorbent elements. EFFECT: increased extraction of metals. 16 cl, 1 dwg, 6 tbl, 1 ex



Изобретение относится к области гидрометаллургии и очистки сточных вод, а именно к способам извлечения благородных металлов из растворов их солей, и может быть использовано для извлечения тяжелых металлов из растворов.

Известны способы извлечения благородных металлов из разнообразных по составу растворов с использованием анионообменных смол. Так, по патенту США (3473921, МКИ В 01 D 15/04) извлечение благородных металлов из растворов ведут с использованием анионита, включающего хлорметилированный сополимер стиролдидивинилбензола, прореагировавший с мочевиной. По патенту Великобритании (1452618, МКИ В 01 D 15/04) благородные металлы извлекают из растворов, применяя анионит, содержащий четвертичные аммониевые основания.

Недостатком анионитов является пониженная стойкость, невысокий их срок службы при извлечении благородных металлов из растворов, содержащих активный хлор.

Известны способы извлечения благородных металлов из растворов с использованием угольных сорбентов.

Так, известен способ извлечения золота из растворов медно-обогатительных фабрик (Лебедев К.Б., Тавкин Н.И. Извлечение золота из сливов сгустителей. //Цветные металлы. - 1973. - 8. - С. 71). Согласно этому способу в контактный чан, или флотомашину, или в слив сгустителя добавляется активированный уголь в присутствии цианидов с последующим выделением угля. Недостатком способа является повышенный расход угля, достигающий 2,0-2,5 г/л, и потери золота.

По другому способу (патент США 2753528 от 03.07.56) извлечение золота из разубоженных сточных вод флотационных фабрик осуществляют в колонне, заполненной углем. Недостатком способа является достаточно большой расход угля.

Наиболее близким к заявляемому способу (вариантам) по технической сущности является способ, получивший название гальванокоагуляции, основанный на использовании эффекта гальванического элемента железо (алюминий)-кокс или железо (алюминий)-медь, помещенного в очищаемый раствор, при переменном контакте элементов гальванопары между собой. За счет разности электрохимических потенциалов железо поляризуется анодно и переходит в раствор с последующим выпадением в осадок в виде оксигидратов, на поверхности которых адсорбируются отрицательно заряженные анионы. Кокс или медь в гальванопаре поляризуется катодно, в результате чего осуществляется электроосаждение катионов на катоде (Дзюбинский Ф.А., Феофанов В.А. и др. //Кондиционирование оборотных вод методом гальванокоагуляции. //Цветная металлургия - 1990. - 8. - с.66-68). Таким образом происходит извлечение металлов из растворов.

Недостатком указанного способа является достаточно низкая степень извлечения металлов из раствора, образование значительного количества шламистого осадка, невысокое содержание извлекаемых металлов в осадке и невысокие значения перерабатываемых объемов раствора.

Изобретение направлено на достижение технического результата - повышение степени извлечения благородных металлов, достижение высоких содержаний извлекаемых элементов в осадке, образующемся при переработке растворов, упрощение схемы выделения элементов, увеличение количества удельных объемов перерабатываемых растворов.

Для достижения технического результата в способе извлечения благородных металлов из растворов их солей, включающем взаимодействие перерабатываемых хлоридсодержащих растворов в сорбционной колонне с углеродным сорбентом, насыщение сорбента и его переработку, согласно изобретению для извлечения благородных металлов из растворов перерабатываемые хлорсодержащие растворы предварительно подвергают взаимодействию с загрузкой из термодинамически нестабильных металлов, их сплавов, клинкера цинкового производства и/или соединений термодинамически нестабильных металлов в низшей степени окисления до величины рН, при которых снижается концентрация активного хлора и сохраняется концентрация извлекаемых металлов в перерабатываемом растворе, после чего растворы перерабатывают с использованием углеродного сорбента упорядоченной и/или неупорядоченной структуры. Для достижения технического результата по второму варианту перерабатываемые хлоридсодержащие растворы пропускают через загрузку из углеродного сорбента упорядоченной и/или неупорядоченной структуры в присутствии термодинамически нестабильных металлов, их сплавов и/или клинкера цинкового производства, доменных пылей при постоянном контакте элементов сорбента между собой.

Переработку растворов осуществляют в сорбционных колоннах с зажатым слоем сорбента при направлении растворов снизу вверх.

Перерабатываемые растворы дополнительно содержат активные галогены и ионы ртути.

Загрузку колонны из термодинамически неустойчивых металлов и/или клинкера цинкового производства периодически перемешивают, а образующиеся при этом шламы направляют на извлечение благородных металлов.

Сорбент в колонне также подвергают периодическому перемешиванию, а образующиеся при этом шламы направляют на извлечение благородных металлов.

В качестве термодинамически неустойчивых металлов используют алюминий, цинк, железо, марганец, медь и/или сплавы этих металлов.

В качестве соединений металлов переменной валентности в низшей степени окисления используют оксиды и/или их соли.

В качестве углерода неупорядоченной структуры используют активированный уголь.

В качестве углерода упорядоченной структуры используют природный графит после химического модифицирования и термической обработки.

Способ осуществляют следующим образом.

Независимо от варианта переработку

растворов осуществляют в сорбционных колоннах с зажатым слоем сорбента при направлении растворов снизу вверх.

Скорость движения растворов регулируют таким образом, чтобы величина E_h на выходе из колонны не превышала значений 700 мВ. Это вызвано тем, что при более высоких значениях окислительно-восстановительного потенциала начинается "проскок" золота в маточные растворы, т.е. потеря золота.

Перерабатываемые растворы дополнительно содержат активные галогены и ионы ртути.

По первому варианту перерабатываемые растворы предварительно направляют в сорбционную колонну, заполненную термодинамически нестабильными металлами, выбираемыми из ряда: Al, Zn, Fe, Cu, Mn, их сплавами, клинкером цинкового производства, и/или дозируют в растворы соединения металлов переменной валентности в низшей степени окисления. В качестве таких соединений используют оксиды и растворы солей Fe^{2+} , Sn^{2+} , Cu^+ .

Количество металла в колонне и вводимые в раствор соединения Fe^{2+} , Sn^+ или Cu^+ , а также объем перерабатываемого раствора выбирают из условия сохранения таких минимальных значений pH и E_h перед контактом с углеродным сорбентом, при которых извлекаемые металлы еще удерживаются в растворенном состоянии. Минимальное значение окислительно-восстановительного потенциала и величину pH, при которых извлекаемые металлы еще удерживаются в растворенном состоянии, устанавливают опытным путем в зависимости от используемой загрузки колонны для предварительной дезактивации активного хлора и концентрации хлор-иона и золота в перерабатываемых растворах.

На этой стадии происходит дезактивация активного хлора путем контакта продуктивного раствора с термодинамически неустойчивыми металлами, их сплавами и/или соединениями металлов переменной валентности в низшей степени окисления при сохранении концентрации хлор-иона извлекаемых элементов. Благодаря предварительной дезактивации активного хлора значительно повышается емкость используемых на следующей стадии угольных сорбентов, что способствует снижению их удельных норм расхода.

Содержимое колонны, состоящее из термодинамически неустойчивых металлов, и/или их сплавов, и/или клинкера цинкового производства, периодически перемешивают для очистки от образующихся на ее поверхности продуктов окисления, которые удаляют в отдельную емкость. Собранные продукты окисления отделяют от раствора и направляют совместно с насыщенным угольным сорбентом на переработку. Частоту перемешивания загрузки устанавливают опытным путем.

Затем перерабатываемые растворы поступают во вторую колонну, где они взаимодействуют с углеродным сорбентом упорядоченной или неупорядоченной структуры, в качестве которого используют активированный уголь или природный графит после его химической и термической обработки.

По второму варианту способа перерабатываемые растворы пропускают через углеродный сорбент упорядоченной и/или неупорядоченной структуры в присутствии термодинамически нестабильных металлов, их сплавов, и/или клинкера цинкового производства, и/или доменных пылей при постоянном контакте элементов сорбента между собой.

Содержимое колонны периодически перемешивают, а образующиеся при этом шламы совместно с насыщенным углеродным сорбентом направляют на переработку.

Независимо от варианта способа в качестве термодинамически неустойчивых металлов используют алюминий, цинк, железо, марганец, медь, и/или сплавы этих металлов, и/или клинкер цинкового производства; в качестве соединений металлов переменной валентности в низшей степени окисления используют оксиды и/или их соли; в качестве углерода неупорядоченной структуры используют активированный уголь, а в качестве углерода упорядоченной структуры используют природный графит после химического модифицирования и термической обработки.

При достижении E_h перерабатываемых растворов более 700 мВ на выходе из сорбционной колонны (по первому варианту способа) прекращают подачу перерабатываемых растворов в колонну, выгружают сорбент и направляют его на извлечение благородных металлов и ртути; по второму варианту прекращают подачу перерабатываемых растворов, интенсивно перемешивают сорбент в колонне для очистки от образующихся на его поверхности продуктов окисления, которые удаляют в отдельную емкость. Собранные продукты окисления отделяют от раствора и направляют на извлечение благородных металлов и ртути. По мере уменьшения количества термодинамически неустойчивых металлов по первому варианту и сорбента - по второму варианту их объемы восполняют.

Степень извлечения золота по обоим вариантам предлагаемого способа составляет 95-98%, а платины и ртути 70-75%. В случае необходимости более полного улавливания платины и ртути растворы направляют во вторую сорбционную колонну. Степень их извлечения при этом возрастает до 92-95%.

Механизм извлечения золота и платины заключается в том, что при взаимодействии перерабатываемых растворов со смесью сорбента и термодинамически неустойчивого металла, и/или его сплава, и/или клинкера цинкового производства образуется короткозамкнутая гальваническая пара, в которой металл является анодом, а углеродный сорбент - катодом. В результате протекания электрохимических реакций происходит анодное растворение металла, выделение водорода, восстановление ионов извлекаемых металлов на катоде, изменение E_h и pH среды. Одновременно с этим образуются оксигидраты различного состава, с которыми дополнительно соосаждаются извлекаемые металлы.

Примеры осуществления способа.

Сначала определяли возможность использования растворов солей металлов переменной валентности в низшей степени окисления для снижения содержания

активного хлора в перерабатываемом растворе при сохранении концентраций благородных металлов. В раствор состава, мг/л: Au - 0,8; Pt - 0,6; Hg - 3,6; активный хлор - 80,0; pH 2,5; Eh - 1180 мВ объемом по 100 мл каждый вводили соответственно различные объемы хлоридов Fe^{2+} , Sn^{2+} с концентрацией 200 г/л каждый. Растворы перемешивали и фильтровали. В фильтрате определяли содержание извлекаемых металлов и величину Eh.

Результаты определений представлены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, введением достаточного количества солей Fe^{2+} или Sn^{2+} можно уменьшить величину Eh перерабатываемого раствора при практическом сохранении исходных концентраций извлекаемых металлов, что позволяет увеличить срок службы углеродного сорбента и его сорбционную емкость. Увеличение объема вводимых растворов Fe^{2+} или Sn^{2+} приводит к полной нейтрализации активного хлора и образованию элементарных микрочастиц Au, Pt, Hg, трудно удерживаемых угольным сорбентом на последующем этапе переработки продуктивных растворов, что способствует потере извлекаемых металлов на сорбционном переделе.

Затем определяли интервал значений pH и Eh, при которых извлекаемые металлы еще удерживаются в растворенном состоянии после взаимодействия с термодинамически нестабильными металлами. Раствор состава, мг/л: Au - 0,8; Pt - 0,6; Hg - 3,6; активный хлор 80,0; pH 2,5; Eh - 1180 мВ обрабатывали твердым гидроксидом натрия до задаваемых опытным значением pH и пропускали через колонки, заполненные стружкой этих металлов, в оптимальном интервале скоростей 2-4 объема раствора на объем стружки в час.

Растворы на выходе из трубки анализировали. Результаты определений представлены в таблице 2.

Из таблицы видно, что при $pH \leq 4,5$ содержание извлекаемых элементов в растворах после взаимодействия с термодинамически нестабильными металлами меняется незначительно при существенном уменьшении величины Eh.

Дальнейшее увеличение значений pH в поступающем на переработку растворе способствует гидролизу солей алюминия и железа и образованию соответствующих осадков гидроксидов и оксигидратов переменного состава, с которыми частично соосаждается золото, платина и ртуть, что в последующем приводит к забиванию угольного сорбента, снижению производительности колонн и возможному выносу шламов из установки, что связано с потерей благородных металлов.

Для выбора углеродсодержащей пары, короткозамкнутого гальванического элемента углерод-металл, наиболее подходящей для извлечения благородных металлов и ртути из раствора, навески углеродсодержащих материалов упорядоченной и неупорядоченной структуры весом 1 г каждая помещали в модельный раствор состава, мг/л: хлор-ион - 600; активный хлор - 65; Au - 2,6; Pt - 0,8; Hg - 8,0 при pH 2,5, Eh - 1175 мВ и перемешивали в течение 24 часов.

В качестве углеродсодержащих материалов испытывали кокс, природный графит, активированные угли марок АБДК, AP-B, БАУ и модифицированный графит после химической и термической обработок. По окончании опыта растворы отфильтровывали, сорбенты промывали подкисленной водой и определяли их емкость по Au, Pt, Hg. Результаты определений приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, сорбенты с неупорядоченной структурой обладают повышенной емкостью по сравнению с сорбентами упорядоченной структуры и по возрастанию сорбционной емкости к извлекаемым металлам их можно расположить в ряд: кокс, БАУ, AP-B, АБДК. Графит обладает наименьшей емкостью, однако после модифицирования его емкостные характеристики возрастают и его можно использовать для извлечения указанных металлов. Таким образом, наилучшим из испытанных сорбентов с неупорядоченной структурой является активированный уголь АБДК, а из сорбентов с кристаллической структурой - модифицированный сорбент.

Использование того или иного сорбента в производственных условиях будет определяться экономической целесообразностью, доступностью и экологическими соображениями.

Для выбора материала анода короткозамкнутого гальванического элемента, используемого в предлагаемом способе, навески сорбентов весом 3 г каждая, взятых в соотношении их элементов металл : углерод = 2:1, контактировали с раствором состава, мг/л: хлор-ион - 600, активный хлор - 65, Au - 2,6, Pt - 0,8; Hg - 8,0 при pH 2,5; Eh - 1175 мВ до полного их насыщения по золоту.

По окончании опыта сорбенты промывали водой и анализировали на содержание Au, Pt, Hg. В качестве анода использовали стружку термодинамически неустойчивых металлов, их сплавов, а также клинкер цинкового производства. В качестве сплавов использовали: ферромарганец состава, %: Mn - 70, c-b - 7, Fe - 21-22; деформируемый алюминиевый сплав, содержащий в качестве добавок Cu, Mn, Si, клинкер состава, %: Fe - 35,2; коксик - 18,8; Cu - 3,9; Zn - 0,9; г/т: Au - 6,6; Ag - 353,0; Zn - 60,2.

В аналогичных условиях проводили определение емкости сорбентов по способу-прототипу. Результаты определений представлены в табл. 4.

Как видно из данных таблицы 4, емкость сорбентов по предлагаемому способу во всех случаях выше, чем по способу-прототипу, причем в случае использования сплавов емкость образуемого сорбента несколько выше, чем емкость сорбента при использовании чистых металлов. Наибольшей емкостью по анализируемым металлам обладает сорбент на базе клинкера цинкового производства и активированного угля. Аналогичные зависимости были получены и при использовании в качестве анода меди.

Предлагаемый способ извлечения благородных металлов из раствора был испытан в производственных условиях.

По первому варианту способ осуществляли следующим образом. Перерабатываемый раствор состава, мг/л:

Cl⁻ - 4000; активный хлор - 80; Au - 1,2; Pt - 0,3; Hg - 4,0; pH 2,5; Eh - 1180 мВ последовательно пропускали через колонну, заполненную одним из термодинамически неустойчивых металлов и/или его сплавом, а затем через колонну с активированным углем или модифицированным графитом. Процесс прекращали при появлении "проскока" по золоту. Сорбент извлекали, промывали, анализировали на содержание Au, Pt, Hg. Параллельно проводили определение емкости сорбента по способу-прототипу. Результаты определений представлены в таблице 5.

Как видно из данных таблицы 5, предварительная дезактивация активного хлора путем взаимодействия перерабатываемого раствора с термодинамически нестабильными металлами и/или их сплавами при сохранении концентрации извлекаемых элементов и последующем пропускании его через угольный сорбент значительно повышает емкость используемых сорбентов, что способствует снижению их удельных норм расхода.

По второму варианту способ осуществляли следующим образом.

Перерабатываемый раствор состава, мг/л: Cl⁻ - 4000, активный хлор - 80; Au - 1,2; Pt - 0,3; Hg - 4,0; pH 2,5; Eh - 1180 мВ пропускали через углеродный сорбент, в качестве которого использовали активированный уголь и модифицированный графит, в присутствии термодинамически нестабильных металлов, а именно клинкера цинкового производства. Элементы сорбента находились в постоянном контакте между собой. Причем соотношения металл : углеродный сорбент (М:У) были следующие: М:У=0,25; 0,5; 2,0; 4,0; 5,0.

Параллельно проводили испытания по способу-прототипу с использованием в качестве сорбента пар: кокс-железо и графит-железо. Испытание прекращали при появлении "проскока" по золоту. Результаты определений представлены в таблице 6 и на чертеже. Как видно из данных табл. 6 и чертежа, увеличение отношения М: У от 0,25 до 0,5 сопровождается резким увеличением удельного объема переработанных растворов. Дальнейшее его увеличение до 2,0 характеризуется плавным и незначительным возрастанием переработанного удельного объема растворов, а после 2,0 имеет тенденцию к снижению, более резкую в интервале 4,0-5,0.

Аналогичная зависимость наблюдается и по способу-прототипу. Таким образом, предпочтительным интервалом значений М:У является интервал 0,5 - 4,0, причем выбор того или иного значения определяется составом перерабатываемого раствора и его показателями pH и Eh.

Таким образом, приведенные примеры показывают возможность осуществления предложенного способа извлечения благородных металлов из содержащих активный хлор и ионы ртути растворов и его несомненные преимущества по сравнению со способом-прототипом.

То есть предложенный способ позволяет извлекать благородные металлы из растворов их солей, в том числе из растворов, содержащих активный хлор и ионы ртути.

Формула изобретения:

1. Способ извлечения благородных металлов из растворов их солей, включающий взаимодействие перерабатываемых хлоридсодержащих растворов в сорбционной колонне с углеродным сорбентом, насыщение сорбента и его переработку, отличающийся тем, что перерабатываемые растворы предварительно подвергают взаимодействию с загрузкой из термодинамически нестабильных металлов, их сплавов, клинкера цинкового производства и/или соединений термодинамически нестабильных металлов в низшей степени окисления до величин pH, при которых снижается концентрация активного хлора и сохраняется концентрация извлекаемых металлов в перерабатываемом растворе, после чего растворы перерабатывают с использованием углеродного сорбента упорядоченной и/или неупорядоченной структуры.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что загрузку колонны из термодинамически неустойчивых металлов, и/или сплавов, и/или клинкера цинкового производства периодически перемешивают, а образующиеся при этом шламы направляют на извлечение благородных металлов.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что перерабатываемые растворы взаимодействуют в сорбционных колоннах с зажатым слоем сорбента при направлении растворов снизу вверх.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что перерабатываемые растворы дополнительно содержат активные галогены и ионы ртути.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве термодинамически неустойчивых металлов используют алюминий, цинк, железо, марганец, медь и/или сплавы этих металлов.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве соединений металлов переменной валентности в низшей степени окисления используют оксиды и/или их соли.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве углеродного сорбента неупорядоченной структуры используют активированный уголь.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве углеродного сорбента упорядоченной структуры используют природный графит после химического модифицирования и термической обработки.

9. Способ извлечения благородных металлов из растворов их солей, включающий взаимодействие перерабатываемых хлоридсодержащих растворов в сорбционной колонне с углеродным сорбентом, насыщение сорбента и его переработку, отличающийся тем, что перерабатываемые растворы пропускают через загрузку из углеродного сорбента упорядоченной и/или неупорядоченной структуры в присутствии термодинамически нестабильных металлов, их сплавов и/или клинкера цинкового производства, доменных пылей при постоянном контакте элементов сорбента между собой.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что сорбент в колонне периодически перемешивают, а образующиеся при этом шламы направляют на извлечение благородных металлов.

11. Способ по п. 9, отличающийся тем, что

перерабатываемые растворы в сорбционных колоннах взаимодействуют с зажатым слоем сорбента при направлении растворов снизу вверх.

12. Способ по п.9, отличающийся тем, что перерабатываемые растворы дополнительно содержат активные галогены и ионы ртути.

13. Способ по п.9, отличающийся тем, что в качестве термодинамически неустойчивых металлов используют алюминий, цинк, железо, марганец, медь и/или сплавы этих металлов.

14. Способ по п.9, отличающийся тем, что

в качестве соединений металлов переменной валентности в низшей степени окисления используют оксиды и/или их соли.

5 15. Способ по п.9, отличающийся тем, что в качестве углеродного сорбента неупорядоченной структуры используют активированный уголь.

10 16. Способ по п.9, отличающийся тем, что в качестве углеродного сорбента упорядоченной структуры используют природный графит после химического модифицирования и термической обработки.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

Таблица 1

**Зависимость концентраций извлекаемых элементов в
перерабатываемых растворах от количества введенного
восстановителя.**

Показатели, определяемые в растворе	Восстановитель							
	V = 0,1 мл		V = 0,2 мл		V = 0,3 мл		V = 0,4 мл	
	Fe ²⁺	Sn ²⁺	Fe ²⁺	Sn ²⁺	Fe ²⁺	Sn ²⁺	Fe ²⁺	Sn ²⁺
Концентрация, мг/л:								
Au	0,78	0,74	0,72	0,70	0,62	0,09	0,14	0,02
Pt	0,60	0,58	0,59	0,56	0,57	0,20	0,28	0,03
Hg	3,6	3,2	3,5	3,0	2,9	0,20	1,20	0,02
Eh	1150	1130	1128	984	892	370	652	283

Таблица 2

**Зависимость концентрации извлекаемых элементов в
переработанных растворах от материала загрузки, при
различных значениях величины pH**

Показатели, определяемые в растворе на выходе из колонок	Материал загрузки: Термодинамически нестабильный металл									
	pH = 2,5		pH = 3,5		pH = 4,5		pH = 5,0		pH = 6,0	
	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe
Концентрация, мг/л:										
Au	0,78	0,80	0,76	0,78	0,75	0,76	0,50	0,52	0,32	0,34
Hg	3,50	3,50	3,40	3,42	3,16	3,00	2,44	2,43	1,88	1,85
Pt	0,59	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,42	0,44	0,26	0,31
pH	4,8	4,6	4,9	4,8	5,0	4,9	5,9	5,7	7,0	6,8
Eh	1043	1050	1020	1030	1005	1012	950	954	923	925

Таблица 3

**Сравнительная емкость углеродных сорбентов
в растворах активного хлора**

Извлекаемые элементы	Емкость углеродных сорбентов, кг/т					
	Сорбенты с упорядоченной структурой		Сорбенты с неупорядоченной структурой			
	графит	модифицированный графит	кокс	АБДК	АР-В	БАУ
Золото	0,2	2,7	0,8	10,6	7,6	7,2
Платина	0,1	0,8	0,2	2,1	1,8	1,5
Ртуть	0,3	1,9	0,4	5,2	4,0	3,7

Таблица 4

Зависимость емкости сорбента от материала анода.

Материал катода	Железо		Алюминий		Цинк		Деформируемый алюминиевый сплав				Ферромарганец		Клинкер					
	Au	Pt	Hg	Au	Pt	Hg	Au	Pt	Hg	Au	Pt	Hg	Au	Pt	Hg			
Емкость сорбента, кг/г																		
По способу - прототипу																		
Кокс Графит	4,8	0,9	7,0	4,8	1,0	5,9	4,6	1,0	6,2	4,9	1,2	7,1	5,10	1,3	5,9	8,2	2,0	12,1
	2,7	0,6	2,7	2,9	0,8	2,9	2,6	0,7	2,8	3,0	0,9	3,0	3,2	0,6	3,7	4,6	1,3	8,6
По предлагаемому способу																		
Активированный уголь Модифицированный графит	17,2	4,1	22,3	17,0	4,0	20,0	17,3	4,2	22,0	18,0	4,4	23,3	17,5	4,3	20,1	19,2	4,9	37,0
	5,9	1,3	7,6	5,7	1,3	6,7	5,7	1,4	7,2	6,3	1,5	8,2	6,7	1,4	7,7	10,5	2,7	19,3

Таблица 6

**Зависимость количества переработанных
удельных объемов раствора от соотношения М : У**

Сорбент	Соотношение металл : углерод						
	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
	Количество удельных объемов						
По способу-прототипу							
Кокс	2729	3979	4208	4505	4402	4000	3000
Графит	1807	2634	2786	3012	3936	2854	2422
По предлагаемому способу							
Активированный уголь	5542	8708	9250	9610	9500	9020	8080
Модифицированный графит	3940	6491	6977	7497	7400	7240	7000

RU 2201980 C2

RU 2201980 C2