

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202000002** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2021.07.30

(51) Int. Cl. *C22B 11/08* (2006.01)
C22B 3/24 (2006.01)
C22B 3/44 (2006.01)
B01J 20/20 (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.01.09

(54) **СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ ТИОЦИАНАТНОГО
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

(96) 2020000002 (RU) 2020.01.09

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ИРКУТСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ БЛАГОРОДНЫХ И
РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ И АЛМАЗОВ"
АО "ИРГИРЕДМЕТ" (RU)**

**Епифоров Александр Владимирович,
Селезнев Алексей Николаевич,
Козлов Артем Александрович (RU)**

(57) Изобретение относится к области гидрометаллургии драгоценных металлов и может быть использовано для извлечения золота из сернокислых тиоцианатных растворов и пульп, полученных при тиоцианатном выщелачивании золота из продуктов автоклавного, бактериального или атмосферного окисления сульфидных золотосодержащих руд и концентратов в сернокислой среде, а также из растворов, полученных при тиоцианатном выщелачивании золота из окисленных руд и огарков, полученных при окислительном обжиге сульфидных концентратов. Способ включает сорбцию комплекса золото-тиоцианат из выщелачивающего раствора на активированный уголь, отделение насыщенного золотом сорбента от тиоцианатного выщелачивающего раствора с последующим извлечением золота и примесей из насыщенного сорбента. Согласно изобретению активированный уголь подается в пульпу или в раствор тиоцианатного выщелачивания золота, насыщенный уголь подвергается комплексу обработок для извлечения золота и примесей и для восстановления сорбционных свойств и используется повторно для сорбции комплекса золото-тиоцианат из растворов и пульп.

A1

202000002

202000002

A1

СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ ТИОЦИАНАТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Изобретение относится к области гидрометаллургии драгоценных металлов и может быть использовано для извлечения золота из сернокислых тиоцианатных растворов и пульп, полученных при тиоцианатном выщелачивании золота из продуктов автоклавного, бактериального или атмосферного окисления сульфидных золотосодержащих руд и концентратов в сернокислой среде, а также из растворов, полученных при тиоцианатном выщелачивании золота из окисленных руд и огарков, полученных при окислительном обжиге сульфидных концентратов.

Известен способ извлечения драгоценного металла с использованием тиоцианатного выщелачивателя [Патент US200501574 от 06.30.2006] – способ-прототип.

Способ включает предварительное кислотное выщелачивание меди из исходного материала перед тиоцианатным выщелачиванием золота, тиоцианатное выщелачивание золота из обезмеженного золотосодержащего сырья и извлечение золота из тиоцианатного выщелачивающего раствора, не содержащего медь.

Также способ включает отделение раствора, содержащего комплекс золото-тиоцианат, от выщелачиваемого сырья отстаиванием или фильтрацией, извлечение золота из выщелачивающего раствора.

Одним из вариантов извлечения золота из тиоцианатного выщелачивающего раствора по известному способу является экстракция комплекса золото-тиоцианат экстрагентом. В качестве экстрагента могут быть использованы фосфорсодержащие экстрагенты или аминные экстрагенты. Насыщенный золотом экстрагент после отделения от выщелачивающего раствора направляют на рекстракцию золота с последующим электролизом.

Другим вариантом извлечения золота из тиоцианатных выщелачивающих растворов по известному способу является сорбция комплекса золото-тиоцианат на ионообменную смолу, например, Purolite 600.

Еще одним вариантом извлечения золота из тиоцианатного выщелачивающего раствора по известному способу является перевод комплекса золото-тиоцианат в выщелачивающем растворе в комплекс золото-цианид путем добавки растворенного цианида в золотосодержащий выщелачивающий раствор. Дальнейшее извлечение комплекса золото-цианид из выщелачивающего раствора осуществляют сорбцией на активированный уголь или ионообменную смолу.

К недостаткам известного способа можно отнести:

1. Высокие капитальные и эксплуатационные затраты, связанные с использованием органического экстрагента и ионообменных смол, а также сложную технологическую схему реализации данных методов.

2. Низкую экономическую и экологическую эффективность технологии, при использовании цианида, подаваемого в сернокислотные тиоцианатные растворы, для перевода комплекса золото-тиоцианат в комплекс золото-цианид и последующей сорбцией комплекса золото-цианид на активированные угли.

3. Необходимость предварительного извлечения Си перед тиоцианатным выщелачиванием золота.

4. Необходимость отделения, выщелачивающего тиоцианатного раствора от выщелачиваемого сырья перед выделением золота из выщелачивающего тиоцианатного раствора.

Задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является упрощение технологической схемы, снижение капитальных и эксплуатационных затрат на извлечение золота из тиоцианатных выщелачивающих растворов, а также повышение экологической эффективности извлечения золота из тиоцианатных выщелачивающих растворов. Поставленная задача решается за счет технического результата,

достигаемого при использовании активированного угля для сорбции комплекса золото-тиоцианат из выщелачивающего тиоцианатного раствора.

Указанный технический результат достигается также тем, что сорбция комплекса золото-тиоцианат из выщелачивающих тиоцианатных растворов на активированный уголь осуществляется в пульпе при тиоцианатном выщелачивании продуктов автоклавного, бактериального или атмосферного окисления, или огарков после окислительного обжига сульфидных руд и концентратов или при тиоцианатном выщелачивании окисленных руд и концентратов по технологии CIP/CIL (carbon in pulp/leach – уголь в пульпе/выщелачивании).

Указанный технический результат достигается также тем, что сорбция комплекса золото-тиоцианат на активированный уголь осуществляется из выщелачивающих тиоцианатных растворов, полученных при кучном тиоцианатном выщелачивании окисленных руд или упорных сульфидных руд после бактериального окисления или из растворов, полученных при тиоцианатном выщелачивании продуктов автоклавного, бактериального или атмосферного окисления, или огарков после окислительного обжига сульфидных руд и концентратов или при тиоцианатном выщелачивании окисленных руд и концентратов по технологии CIC/CIS (carbon in column/solution – уголь в колонне/растворе).

Указанный технический результат достигается также в отсутствии необходимости предварительного извлечения меди из сырья, содержащего золото, перед тиоцианатным выщелачиванием, а сорбцию комплекса золото-тиоцианат на активированный уголь возможно осуществлять из тиоцианатного выщелачивающего раствора, содержащего медь.

Указанный технический результат достигается также тем, что после сорбции золота из тиоцианатного выщелачивающего раствора, насыщенный золотом уголь подвергают цианидной обработке, для перевода осажденного на активированный уголь комплекса золото-тиоцианат в комплекс золото-цианид.

Указанный технический результат достигается также тем, что после сорбции комплекса золото-тиоцианат на активированный уголь из тиоцианатного выщелачивающего раствора, содержащего медь и железо, насыщенный золотом уголь подвергают цианидной обработке для удаления из насыщенного угля по меньшей мере части меди, а также по меньшей мере части железа.

Указанный технический результат достигается также тем, что десорбция золота из насыщенного угля проводится после цианидной обработки угля известными способами в среде NaOH или NaOH и CN^- .

Указанный технический результат достигается также тем, что обеззолоченный уголь после десорбции золота, подвергают термической обработке при температуре 600-700°C, для перевода кальция и железа в растворимую в соляной кислоте форму.

Указанный технический результат достигается также тем, что уголь после термической обработки подвергается кислотной обработке раствором соляной кислоты, для удаления из угля по меньшей мере части кальция и по меньшей мере части железа.

Указанный технический результат достигается также тем, что уголь после цианидной обработки, десорбции золота, термической обработки и кислотной обработки возвращается в процесс сорбции комплекса золото-тиоцианат из тиоцианатного выщелачивающего раствора.

В заявляемом способе извлечение золота из тиоцианатного выщелачивающего раствора, осуществляется сорбцией комплекса золото-тиоцианат на активированный уголь по технологиям CIP/CIL или CIC/CIS.

В заявляемом способе сорбция комплекса золото-тиоцианат из тиоцианатного выщелачивающего раствора на активированный уголь по технологиям CIP/CIL осуществляется из пульпы при тиоцианатном выщелачивании продуктов автоклавного, бактериального или атмосферного окисления, или огарков после окислительного обжига сульфидных руд и

концентратов или при тиоцианатном выщелачивании окисленных руд и концентратов.

В заявляемом способе сорбция комплекса золото-тиоцианат из тиоцианатного выщелачивающего раствора на активированный уголь по технологиям CIC/CIS осуществляется из выщелачивающих тиоцианатных растворов, полученных при кучном тиоцианатном выщелачивании окисленных руд или упорных сульфидных руд после бактериального окисления или из растворов, полученных при тиоцианатном выщелачивании продуктов автоклавного, бактериального или атмосферного окисления, или огарков после окислительного обжига сульфидных руд и концентратов или при тиоцианатном выщелачивании окисленных руд и концентратов.

В заявляемом способе насыщенный уголь после тиоцианатного выщелачивания подвергают цианидной обработке для перевода осажденного на уголь комплекса золото-тиоцианат в комплекс золото-цианид и для извлечения по меньшей мере части меди, а также по меньшей мере части железа из насыщенного угля в цианидный раствор.

В заявляемом способе десорбцию золота из насыщенного угля проводят в среде NaOH или NaOH и CN^- известными способами после цианидной обработки угля.

В заявляемом способе уголь после десорбции золота, подвергается термической обработке при температуре 500-700 °С.

В заявляемом способе термическая обработка угля позволяет перевести кальций и железо в растворимую в соляной кислоте форму, а также реактивировать сорбционные свойства угля.

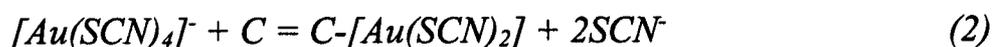
В заявляемом способе после термической обработки угля, проводится кислотная обработка угля раствором соляной кислоты, для удаления из угля по меньшей мере части кальция и по меньшей мере части железа.

Отличием заявляемого способа от способа-прототипа является то, что извлечение золота из выщелачивающих тиоцианатных растворов осуществляется сорбцией комплекса золото-тиоцианат на активированный

уголь по технологии CIP/CIL или CIC/CIS, при этом совместно с золотом на уголь могут сорбироваться железо и медь, присутствующие в выщелачивающем растворе. Насыщенный в тиоцианатных выщелачивающих растворах уголь подвергают комплексу обработок, включающему цианидную обработку, десорбцию золота, термическую обработку и кислотную обработку для извлечения из угля золота и примесей и для реактивации свойств сорбента и возвращают в процесс сорбции золота из выщелачивающих тиоцианатных растворов (Фиг. 1).

Физико-химическая сущность заявляемого способа основывается на следующих процессах:

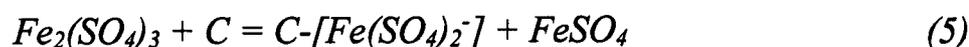
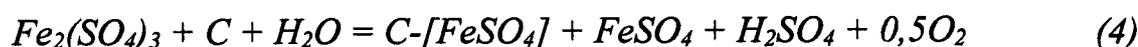
1. *Процесс сорбции в сернокислых тиоцианатных растворах.* Процесс сорбции золота на активированный уголь может осуществляться непосредственно из пульпы одновременно с тиоцианатным выщелачиванием золота (Фиг. 2) по технологии CIL (carbon in leach – уголь в выщелачивании) или из пульпы после предварительного выщелачивания золота (Фиг. 3) по технологии CIP (carbon in pulp – уголь в пульпе), а также из тиоцианатных выщелачивающих растворов, отделенных от выщелачиваемого сырья (Фиг.4), и из растворов кучного тиоцианатного выщелачивания золота (Фиг. 5) по технологиям CIC/CIS (carbon in column/solution – уголь в колонне/растворе). Сорбция комплексов золото-тиоцианат на активированный уголь может происходить в соответствии с реакциями 1-2:



Сорбция меди протекает в соответствии с реакцией 3:



Сорбция железа может осуществляться в соответствии с реакциями 4-6:



2. Цианидная обработка угля проводится концентрированным цианидным раствором. Перевод комплекса золото-тиоцианат в комплекс золото-цианид, на угле, осуществляется по реакции 7:



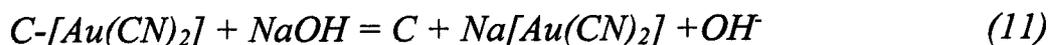
Извлечение (элюирование) меди из угля может осуществляться по реакциям 8-9:



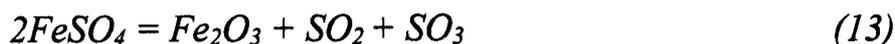
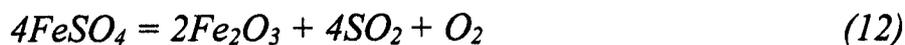
Извлечение (элюирование) железа из угля может осуществляться по реакции 10:



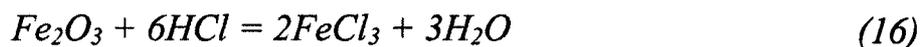
3. Десорбция золота. Для десорбции золота из угля можно применять любой известный метод: высокотемпературную (175-180 °С), среднетемпературную (110-150 °С) либо низкотемпературную (90-110 °С) десорбцию золота в среде NaOH или в среде NaOH и CN⁻:



4. Термическая обработка (реактивация) угля проводится при температуре 500-700 °С в инертной атмосфере или в среде водяного пара. При термической обработке происходит реактивация функциональных центров угля, а также удаление органических примесей из угля. Кальций и железо, присутствующие на угле, переходят в растворимые в соляной кислоте формы по реакциям 12 и 14:



5. Кислотная обработка угля после термической обработки проводится водным раствором соляной кислоты предпочтительно. Извлечение (элюирование) кальция и железа при кислотной обработке происходит по реакциям 15 и 16:



Кроме вышеперечисленных операций по пунктам 2-5 переработка и подготовка угля может включать дополнительные операции кондиционирования, такие как грохочение, отмывка, закалка и др. направленные на отделение некондиционной угольной мелочи и пыли, шламов и минеральных частиц руды и улучшения качественных характеристик кондиционных частиц угля (угольных гранул).

В заявляемом способе режим сорбции: CIL, CIP, CIC или CIS выбираются в зависимости от способа переработки золотосодержащего сырья (кучное выщелачивание, чановое выщелачивание с разделением или без разделения твердой и жидкой фаз и др.).

В заявляемом способе условия сорбции: продолжительность процесса, концентрация угля, удельная нагрузка на уголь, скорость восходящего потока, количество ступеней сорбции, время пребывания угля в процессе и др. зависят от состава растворов, получаемых при сернокислотном тиоцианатном выщелачивании золотосодержащего сырья.

В заявляемом способе условия цианидной обработки насыщенных углей: концентрация цианида, удельная нагрузка на уголь, продолжительность и др. зависят от состава насыщенных углей, получаемых при сорбции золота из сернокислых тиоцианатных растворов.

В заявляемом способе для десорбции золота из насыщенных углей после цианидной обработке может осуществляться любым известным методом в среде NaOH, обеспечивающим приемлемую степень элюирования драгоценного металла в элюаты.

В заявляемом способе условия термической обработки: температура, продолжительность и др. зависят от состава насыщенных углей, получаемых при сорбции золота из сернокислых тиоцианатных растворов и количества примесей.

В заявляемом способе условия кислотной обработки: концентрация кислоты в растворе, удельная нагрузка на уголь, продолжительность и др. зависят от состава насыщенных углей, получаемых при сорбции золота из сернокислых тиоцианатных растворов и количества примесей.

Основным продуктом по заявляемому способу является золото. Попутными продуктами могут быть серебро, а также медь, цинк и другие цветные металлы в зависимости от состава растворов, получаемых при сернокислотном тиоцианатном выщелачивании золотосодержащего сырья.

Заявляемый способ извлечения золота из сернокислых тиоцианатных растворов обеспечивает более полное или сопоставимое извлечение золота при меньших операционных и капитальных затратах.

Вышесказанное подтверждается, но не ограничивается примерами реализации предлагаемого способа. Следующие ниже примеры приведены для дополнительного способствования пониманию настоящего изобретения, а не для ограничения объема изобретения.

Пример 1.

Сорбцию золота на активированный уголь проводили из раствора, полученного при тиоцианатном выщелачивании продукта атмосферного окисления золотомедного флотоконцентрата. Состав исследуемого раствора представлен в таблице 1.б

Таблица 1 – Состав исследуемого раствора

Концентрация элементов в растворе, мг/дм ³					
Au	Cu	Ca	H ₂ SO ₄	Fe ³⁺	Fe ²⁺
0,8	2500	520	5400	2100	1500

Различные навески угля помещали в фиксированный объем исследуемого раствора и агитировали в течение 72 часов. По окончании заданного времени полученные угли и растворы анализировали на содержание золота и определяли зависимость емкости угля от концентрации золота в растворе.

На фигуре 6 представлена изотерма сорбции золота на активированный уголь.

Показано, что при сорбции золота из тиоцианатного раствора в статическом режиме емкость углеродного сорбента достигает 4,9 мг/г.

Пример 2.

Насыщенный в растворах тиоцианатного выщелачивания золотомедного концентрата уголь подвергали цианидной обработке.

Через навеску угля массой 50 г, загруженную в колонку, пропускали крепкие цианидные растворы с концентрацией NaCN 10 г/дм³ при комнатной температуре. Количество пропускаемого раствора составляло 10 объемов. Продолжительность процесса – 3,5 ч, удельная нагрузка (УН) на уголь составляла 2,86 ч⁻¹. Кривые элюирования меди в процессе цианидной обработки угля представлены на фигуре 7. Состав угля до и после цианидной обработки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав угля до и после цианидной обработки

Наименование угля	Содержание элементов в угле, кг/т			
	Au	Cu	Fe	Ca
До обработки	0,5	34,9	5,15	1,2
После обработки	0,5	1,76	2,4	1,3

Показано, что при цианидной обработке извлечение меди из угля составило около 95 %, при остаточном содержании меди на угле 1,76 кг/т. Извлечение железа составило около 53 %. Побочным продуктом цианидной обработки угля является концентрированный медно-цианидный раствор, содержащий до 5 г/дм³ меди. Данный раствор может быть переработан по известным схемам регенерации цианида с получением цианидного раствора и товарного медного концентрата.

Пример 3.

Десорбцию золота из насыщенного угля проводили в лабораторном автоклаве-десорбере при температуре 175–180°C. Масса навески угля составляла 40 г. Концентрация NaOH в щелочном растворе (элюенте) 10 г/дм³.

Количество пропускаемых объемов элюента составляло 24 объема. Время десорбции составило 2 часа, УН – 12 ч⁻¹. Десорбцию золота проводили на исходном насыщенном угле (Фиг. 8-а) и на угле после цианидной обработки (Фиг. 8-б). Составы углей представлен в таблице 2. Кривые элюирования золота и меди из исследуемых углей в процессе высокотемпературной (автоклавной) десорбции золота представлены на фигуре 8.

Показано, что для эффективного извлечения золота из углей (более 98 %) при десорбции необходимо проводить предварительную цианидную обработку угля, которая позволяет удалить основную массу меди и перевести золото в десорбируемую щелочным раствором цианидную форму. При высокотемпературной десорбции золота без предварительной цианидной обработки извлечение золота составило лишь 17 %.

Пример 4.

Отмытый влажный уголь после десорбции золота помещали в алундовый тигель с крышкой и подвергали термической обработке в муфельной печи. Температура процесса составляла 650 °С, продолжительность 1 ч.

Уголь после термической обработки подвергали солянокислой обработке 4 и 15 % раствором HCl. УН составляла 3 ч⁻¹. Через уголь пропускали 6 объемов раствора-элюента с отбором проб через каждые 0,5 объема. Кривые элюирования железа и кальция при солянокислой обработке угля представлена на фигуре 9.

Показано, что при солянокислой обработке угля извлечение кальция и железа составляет 50-55 и 40-45 %, соответственно.

Пример 5.

Сорбцию золота проводили на угле после цианидной обработки, после цианидной обработки с последующей десорбцией золота, после цианидной обработки с последующей десорбцией золота и термической обработки (реактивации), после цианидной обработки с последующей десорбцией золота, термической обработки и кислотной обработки.

Навески угля массой 0,5 г после каждой стадии обработки помещали в золотосодержащий раствор тиоцианатного выщелачивания продукта атмосферного окисления объемом 0,5 дм³ и перемешивали в течение 24 ч с периодическим отбором проб. Химический состав использованного раствора представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав использованного раствора

Элементы	Концентрация, мг/дм ³	Элементы	Концентрация, мг/дм ³
Au	0,51	Mn	80,4
Ag	<0,05	K	37,5
Cu	2140	Zn	1027
Fe	3268	As	199,3
Ca	602,7	Sb	2,4
Si	119	Na	1023
Al	214	Fe³⁺	1680
Mg	317	Fe²⁺	1680

На фигуре 10 представлены кривые сорбции золота на уголь после каждой обработки.

Показано, что предложенная схема регенерации угля улучшает его сорбционные свойства после каждой стадии обработки.

Пример 6.

Сорбцию золота проводили на насыщенный и регенерированный угли. Массы навесок угля составляли 0,02, 0,05, 0,075, 0,1 и 0,15 г, объем раствора тиоцианатного выщелачивания продукта атмосферного окисления, состав которого представлен в таблице 3, был постоянным (0,5 дм³); продолжительность сорбции составляла 72 ч. Изотермы сорбции золота представлены на рисунке 11.

Емкость насыщенного угля составила 1,7 кг/т, емкость регенерированного угля после цианидной обработки, десорбции золота, термической обработки и солянокислой обработки составила 4 кг/т.

Пример 7.

Сорбцию золота в режиме SIC проводили из растворов тиоцианатного выщелачивания золота из продукта атмосферного окисления золотомедного

флотоконцентрата. Концентрация золота в растворах составляла 0,25-0,8 мг/л, меди 0,7-3,1 г/л, Fe^{3+} 0,5-1,5 г/л, Fe^{2+} , 0,5-1,0 г/л.

Растворы из расходной емкости с помощью перистальтического насоса пропускали через 4 последовательно соединенных колонки с активированным углем. Удельная нагрузка (УН) на уголь по растворам в процессе испытаний изменялась с 2,1 до 9,0 ч⁻¹. Извлечение золота на уголь определяли по его концентрации в растворе до и после сорбции. Когда извлечение золота на сорбции опускалось ниже 90 % осуществляли передвижку угля – уголь из первой колонки выводили на десорбцию и регенерацию, после чего вторая колонка становилась первой, третья – второй, а четвертая – третьей. В четвертую колонку загружали регенерированный уголь. Провели 4 оборота угля в цикле «сорбция – десорбция – регенерация», что соответствовало 16 передвижкам.

Регенерацию угля проводили по схеме: «цианидная обработка – высокотемпературная десорбция золота – термическая обработка – солянокислая обработка».

Цианидную обработку проводили раствором цианида натрия 10 г/дм³ в течение 2 часов. Уголь после обработки промывали водой. Высокотемпературную десорбцию золота проводили в автоклаве-десорбере, при температуре 175-180 °С. Концентрация NaOH в элюенте составляла 10 г/дм³. Продолжительность десорбции – 2 часа. Термическую обработку проводили в муфельной печи на влажном угле, помещенном в стальной сосуд с крышкой и отверстием для выхода пара. Температура обработки составляла 650 °С, продолжительность 0,5 часа. Уголь после термической обработки обрабатывали раствором соляной кислоты 70 г/дм³ в течение 2 часов. Уголь после кислотной обработки отмывали водой.

В таблице 4 представлены результаты анализа углей, отобранных из каждой колонки при передвижках и после десорбции-регенерации, на золото, медь и железо.

Таблица 4 – Результаты анализа углей

Таблица 4															
Перед вижка	Содержание в угле, кг/т														
	Au					Cu					Fe				
	К.1	К.2	К.3	К.4	Загруз.	К.1	К.2	К.3	К.4	Загруз.	К.1	К.2	К.3	К.4	Загруз.
1	0,35	0,25	0,09	0,05	0,00	1,50	1,0	8,0	18,0	0,0	1,2	0,6	0,7	0,7	0
2	0,34	0,22	0,10	0,05	0,03	15,7	25,0	34,0	43,0	0,3	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5
3	4,66	1,87	0,72	0,56	0,03	42,3	42,1	40,3	43,5	0,8	0,4	0,4	0,5	0,3	0,1
4	2,04	1,50	0,90	0,6	0,05	45,4	43,0	41,0	41,0	8,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
5	2,26	2,12	1,85	4,81	0,06	45,6	56,0	52,0	47,8	8,3	1,6	0,8	0,6	0,8	0,3
6	3,54	2,95	4,95	1,00	0,05	54,0	53,0	51,5	38,3	4,0	0,7	0,6	0,6	1,4	0,2
7	3,60	5,20	1,55	0,89	0,05	52,0	54,0	41,7	35,7	6,4	0,5	0,6	1,2	0,8	0,2
8	5,60	1,70	0,93	0,70	0,12	52,0	42,3	39,3	23,6	4,4	0,5	1,5	0,8	0,8	0,1
9	2,44	1,62	1,03	1,46	0,11	48,9	48,7	43,4	29,4	6,9	1,5	1,2	0,8	0,6	0,5
10	2,33	1,37	1,73	1,42	0,09	49,5	49,3	49,5	35,0	4,2	0,9	0,7	0,7	0,9	0,4
11	4,29	4,10	3,12	2,03	0,09	64,0	65,0	64,0	61,0	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,03
12	4,48	3,41	2,17	1,03	0,08	62,0	61,0	61,0	38,7	1,1	0,7	0,8	0,8	1,3	0,1
13	4,30	3,27	1,79	0,60	0,07	61,0	63,0	45,9	28,1	2,1	0,8	0,7	1,2	3,2	0,6
14	4,50	3,50	1,90	1,03	0,09	65,0	62,0	55,0	38,0	1,5	0,8	1,2	3,0	1,1	0,5
15	4,10	3,20	1,70	1,10	0,08	64,0	63,0	48,0	32,0	1,1	1,3	3,1	1,2	1,2	0,6
16	6,05	3,14	2,22	2,27	-	58,0	55,0	46,0	38,4	-	2,3	1,3	1,3	1,1	-

Показано, что емкость угля по золоту на выходе из сорбции составляет от 2 до 6 кг/т в зависимости от концентрации золота в исходном растворе и в среднем составляет 3,5-4,5 кг/т.

Установлено, что неоднократный оборот угля в цикле «сорбция-десорбция-регенерация» не способствует снижению извлечения золота из тиоцианатных растворов, содержащих медь и железо. Сорбция на регенерированный уголь протекает эффективно. Среднее за период испытаний извлечение золота из раствора на уголь составило: после первой ступени – 56,2, после второй – 76,7, после третьей – 89,5 и после четвертой – 94,3 %.

Показано, что емкость угля по меди и железу при сорбции в динамическом режиме может достигать 45-65 и 0,5-1,5 кг/т соответственно. Испытанная схема десорбции-регенерации позволяет извлекать из угля до 99 % золота и удалять до 98 % меди и до 96 % железа. В таблице 5 представлены данные по степени элюирования золота, меди и железа при обработках угля.

Таблица 5 – Данные по степени элюирования золота, меди и железа при обработках угля

Таблица 5									
Перед вижка	Содержание Au, кг/т		Степень десорбции Au, %	Содержание Cu, кг/т		Степень элюирования Cu, %	Содержание Fe, кг/т		Степень элюирования Fe, %
	до	после		до	после		до	после	
1	0,35	0,03	91,4	1,5	0,3	80,0	1,19	0,5	58,0
2	0,34	0,05	85,3	15,7	0,8	94,9	0,68	0,14	79,4
3	4,66	0,05	98,9	42,3	8,7	79,4	0,42	0,19	54,8
4	2,04	0,06	97,1	45,4	8,3	81,7	0,75	0,35	53,3
5	2,26	0,051	97,7	45,6	4	91,2	1,63	0,15	90,8
6	3,54	0,05	98,6	54	6,4	88,1	0,71	0,23	67,6
7	3,6	0,12	96,7	52	4,4	91,5	0,54	0,11	79,6
8	5,6	0,11	98,0	52	6,9	86,7	0,52	0,48	7,7
9	2,44	0,09	96,3	48,9	4,2	91,4	1,46	0,42	71,2
10	2,33	0,09	96,1	49,5	0,2	99,6	0,93	0,03	96,8
11	4,29	0,08	98,1	64	1,1	98,3	0,84	0,09	89,3
12	4,48	0,07	98,4	62	2,1	96,6	0,69	0,65	5,8
13	4,3	0,08	98,1	61	1,5	97,5	0,79	0,5	36,7
14	4,5	0,08	98,2	65	1,1	98,3	0,8	0,6	25,0

Испытания подтвердили возможность многократного использования сорбента в цикле «сорбция-десорбция-регенерация-сорбция». Подтверждена эффективность схемы «цианидная обработка – десорбция золота – термическая обработка – солянокислая обработка» для переработки насыщенного угля.

Пример 8.

Сульфидный золотомедный флотоконцентрат с содержанием золота 31,8 г/т окисляли в автоклаве при температуре 220 °С, $P_{O_2} = 3,0$ МПа. Пульпу после автоклавного окисления остужали до 90-95 °С и проводили тиоцианатное выщелачивание и сорбцию золота на активированный уголь.

Опыты сорбцию золота из тиоцианатных растворов на уголь проводили с предварительным выщелачиванием в режиме СІР и без предварительного выщелачивания в режиме СІІ. Загрузка активированного угля во всех опытах составляла 10 % (об.). Уголь после каждого опыта последовательно подвергали цианидной, термической и кислотной обработкам для удаления меди и железа и использовали в следующем опыте по сорбции.

Цианидную обработку проводили раствором цианида натрия 20 г/дм³ при удельной нагрузке 3,3 ч⁻¹. После цианидной обработки уголь промывали водой в количестве 3 объемов воды на 1 объем угля. Термическую обработку проводили при температуре 650 °С в течение 1 ч. Кислотную обработку проводили раствором соляной кислоты 40 г/дм³ при удельной нагрузке 1,7 ч⁻¹. После кислотной обработки уголь промывали водой в количестве 2 объемов воды на 1 объем угля.

Всего было проведено 6 циклов сорбция-регенерация, после шестого цикла уголь после цианидной обработки подвергали высокотемпературной десорбции золота.

Результаты экспериментов представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты опытов

Параметр	ед.изм.	Циклы сорбции					
		1	2	3	4	5	6
Способ сорбции	-	CIL	CIL	CIL	CIP	CIP	CIP
Предварительное выщелачивание	мин	0	0	0	15	15	60
Сорбционное выщелачивание	мин	180	120	60	180	120	60
Конечный pH	-	0,77	0,83	0,75	0,75	0,80	0,76
Конечный Eh	мВ	428	550,7	458	420	348,3	434
Концентрация Fe ³⁺	г/дм ³	12,6	12,32	7,28	8,4	8,68	9,52
Концентрация Fe ²⁺		10,92	8,96	8,68	7,56	7,84	5,32
Концентрация Cu		6,7	5,9	6,0	6,7	6,0	6,3
Концентрация H ₂ SO ₄		67,4	65,4	54,8	54,2	55,7	49,9
Концентрация Au	мг/дм ³	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Au в кеках	г/т	2,1	1,9	1,3	1,2	1,4	1,1
Выход кека	%	71,3	71,9	78,7	78,0	78,8	80,5
Извлечение Au из раствора на уголь	%	>99	>99	>99	>99	>99	>99
Извлечение Au из концентрата на уголь		95,3	95,7	96,8	97,1	96,5	97,2

Показано, что сорбцию золота из пульпы тиоцианатного выщелачивания можно проводить одновременно с процессом выщелачивания в режиме CIL, а также после предварительного выщелачивания в режиме CIP. При этом извлечение золота из руды на уголь составляет более 95 %, а из раствора на уголь более 99 %.

На фигуре 12 представлен график насыщения угля золотом после каждого цикла выщелачивание-сорбция. Показано, что насыщение угля золотом после каждого цикла происходит равномерно. Емкость насыщенного угля по золоту после шестого цикла составила 0,5 кг/т.

На фигурах 13 и 14 представлены данные по содержанию меди и железа в насыщенном после каждого цикла угле и в угле после очистки по схеме «цианидная обработка – термическая обработка – кислотная обработка».

На фигуре 13 показано, что очистка угля от меди происходит очень эффективно. Степень элюирования меди составляла 80-99 %.

На фигуре 14 показано, что очистка угля от железа происходит очень эффективно. Степень элюирования железа при полном цикле обработок в опытах АО1-АО5 составляла 65-88 %. В шестом цикле (опыт АО6) термическую обработку и кислотную обработку не проводили, степень элюирования железа при цианидной обработке составила 41,5 %.

После высокотемпературной десорбции содержание золота в обеззолоченном угле шестого цикла (АО6) составило 0,016 кг/т, извлечение золота в элюат составило 96,8 %.

Пример 9.

Сульфидный золотомедный флотоконцентрат с содержанием золота 31,8 г/т окисляли в автоклаве при температуре 220 °С, $P_{O_2} = 3,0$ МПа. Пульпу после автоклавного окисления остужали до 90-95 °С и проводили тиоцианатное выщелачивание и сорбцию золота на активированный уголь.

Опыты по тиоцианатному выщелачиванию и сорбции золота на уголь проводили с предварительным выщелачиванием в режиме СІР. Продолжительность предварительного выщелачивания составляла 60 минут, продолжительность сорбции составляла 24 ч. Загрузка активированного угля в пульпу составляла 0,25 % (об.). Полученные результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты опытов

Продукт	Параметр	ед.изм.	Значение
Раствор после сорбции	Eh	мВ	419
	pH	-	0,75
	Fe ³⁺	г/дм ³	14
	Fe ²⁺		1,4
	Cu		6,5
	H ₂ SO ₄		65,7
	Au	мг/дм ³	0,27
Кек после сорбции	Выход	%	79,5
	Au	г/т	2,2
Уголь насыщенный	Au	кг/т	3,93
Извлечение Au в раствор		%	94,5
Извлечение Au на уголь		%	91,3

Показано, что за 24 часа емкость угля при сорбции золота в статическом режиме (СIP) из раствора тиоцианатного выщелачивания продукта автоклавного окисления достигает 3,9 кг/т при остаточной концентрации золота в растворе 0,27 мг/л. При этом извлечение золота на уголь составило 91,3 %.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

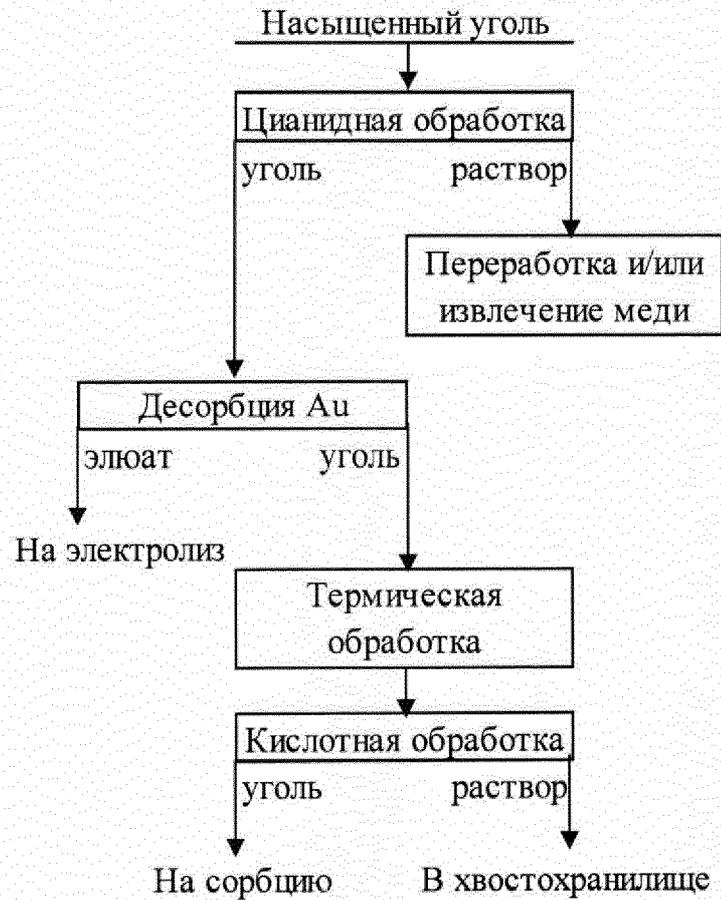
1. Способ извлечения золота из растворов тиоцианатного выщелачивания золотосодержащего сырья, включающий сорбционное извлечение золота из тиоцианатного выщелачивающего раствора, отделение насыщенного золотом сорбента от тиоцианатного выщелачивающего раствора с последующим извлечением золота и примесей из насыщенного сорбента, *отличающийся* тем, что в качестве сорбента для извлечения золота используется активированный уголь, а золото из тиоцианатного выщелачивающего раствора извлекается в форме комплекса золото-тиоцианат, десорбция золота и примесей осуществляется комплексной обработкой насыщенного угля.
2. Способ по п.1 отличающийся тем, что сорбция комплекса золото-тиоцианат из жидкой фазы пульпы тиоцианатного выщелачивания на активированный уголь осуществляется по технологии уголь в пульпе (CIP) или по технологии уголь в выщелачивании (CIL).
3. Способ по п.1 отличающийся тем, что сорбция комплекса золото-тиоцианат из выщелачивающих тиоцианатных растворов на активированный уголь осуществляется по технологии уголь в растворе (CIS).
4. Способ по п.1 отличающийся тем, что сорбция комплекса золото-тиоцианат на активированный уголь после тиоцианатного выщелачивания золота из сырья, содержащего медь, осуществляется из выщелачивающих тиоцианатных растворов, содержащих медь.
5. Способ по п.4 отличающийся тем, что извлечение меди из выщелачивающих тиоцианатных растворов, содержащих медь, осуществляется любым известным способом после сорбции комплекса золото-тиоцианат на активированный уголь.
6. Способ по п.1 отличающийся тем, что насыщенный в выщелачивающих тиоцианатных растворах уголь после отделения от выщелачивающих тиоцианатных растворов подвергается цианидной обработке концентрированным цианидным раствором.

7. Способ по п.6 отличающийся тем, что цианидная обработка угля, насыщенного в выщелачивающих тиоцианатных растворах, проводится для перевода комплекса золото-тиоцианат, содержащегося в угле, в комплекс золото-цианид.
8. Способ по п.6 отличающийся тем, что цианидная обработка угля, насыщенного в выщелачивающих тиоцианатных растворах, содержащих медь, проводится для удаления по меньшей мере части меди из угля в цианидный раствор.
9. Способ по п.8 отличающийся тем, что растворы цианидной обработки угля, содержащие медь, перерабатываются известными методами для получения раствора цианида и товарного медного концентрата.
10. Способ по п.6 отличающийся тем, что цианидная обработка угля, насыщенного в выщелачивающих тиоцианатных растворах, проводится для удаления по меньшей мере части железа из угля в цианидный раствор.
11. Способ по п.1 отличающийся тем, что после цианидной обработки насыщенного угля проводится десорбция золота из насыщенного угля известными методами.
12. Способ по п.1 отличающийся тем, что после десорбции золота уголь подвергают термической обработке для перевода кальция и/или железа, содержащихся в обеззолоченном угле, в растворимую в соляной кислоте форму и для регенерации сорбционных свойств угля.
13. Способ по п.1 отличающийся тем, что после термической обработки реактивированный обеззолоченный уголь подвергается обработке раствором соляной кислоты для удаления по меньшей мере части кальция и по меньшей мере части железа из угля.
14. Способ по п.1 отличающийся тем, что комплексная обработка насыщенного в тиоцианатном растворе угля может включать дополнительные операции кондиционирования, такие как грохочение, отмывка, закалка и др. направленные на отделение некондиционной угольной мелочи и пыли,

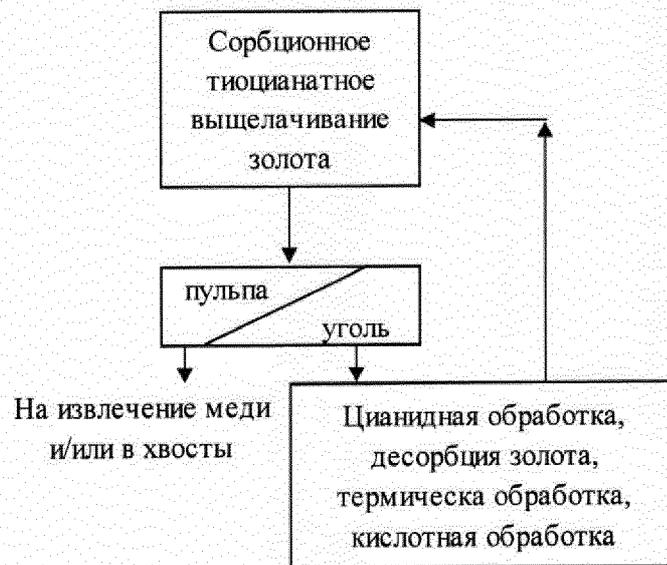
шламов и минеральных частиц руды и улучшения качественных характеристик кондиционных частиц угля.

15. Способ по п.1 отличающийся тем, что после комплексной обработки насыщенного угля, включающей цианидную обработку, десорбцию золота, термическую обработку, кислотную обработку и другие дополнительные операции активированный уголь используется для сорбции комплекса золото-тиоцианат из тиоцианатных выщелачивающих растворов.

СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ ТИОЦИАНАТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ



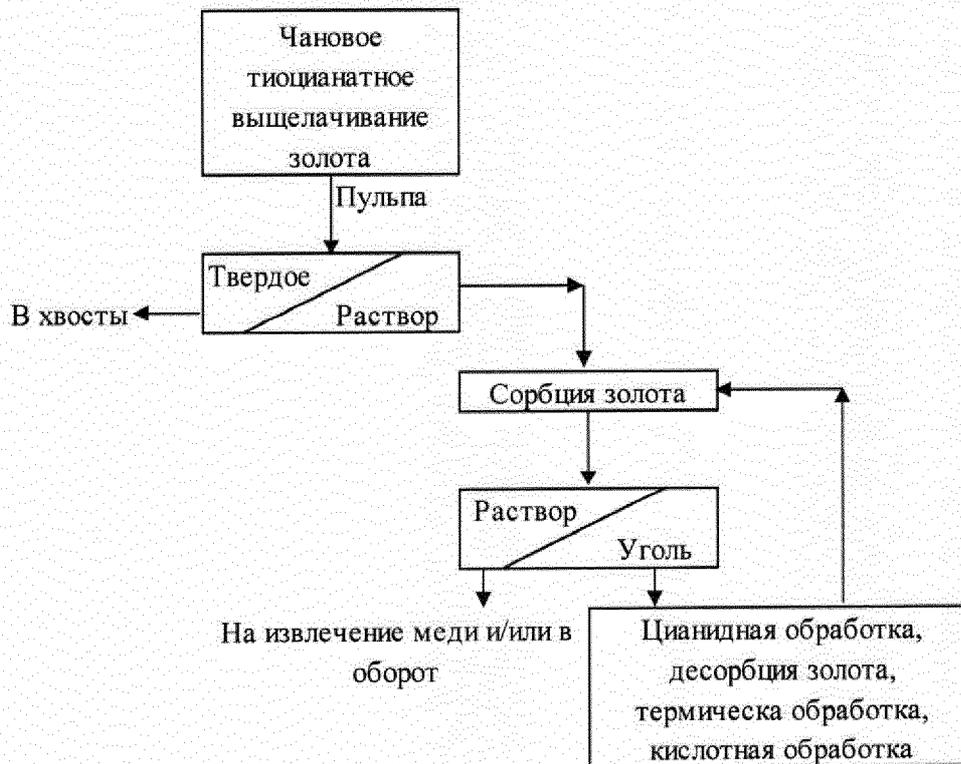
Фиг. 1



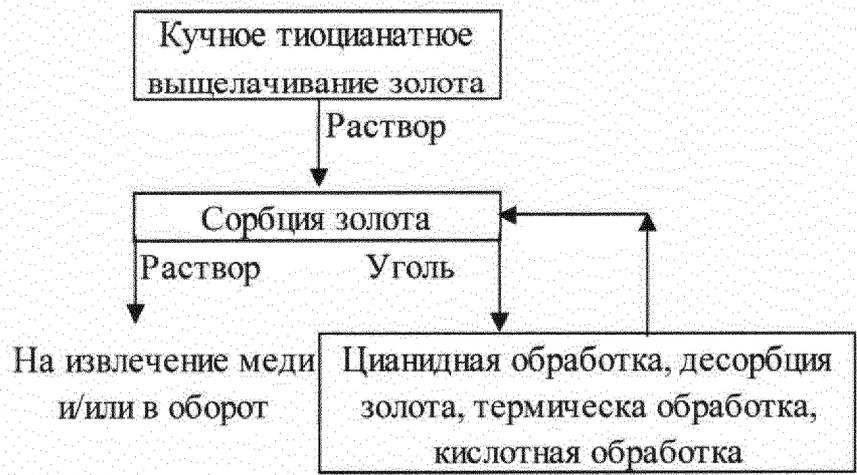
Фиг. 2



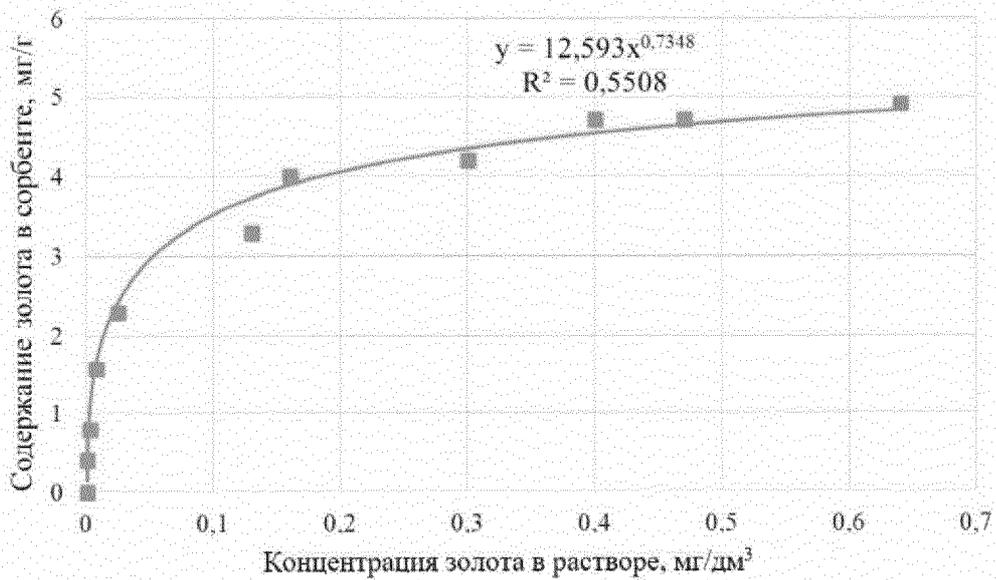
Фиг. 3



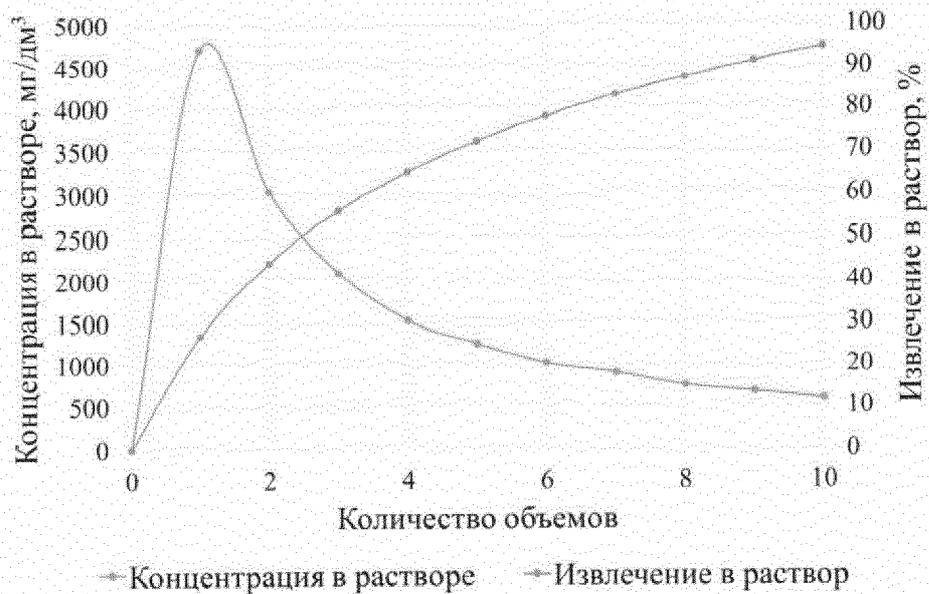
Фиг. 4



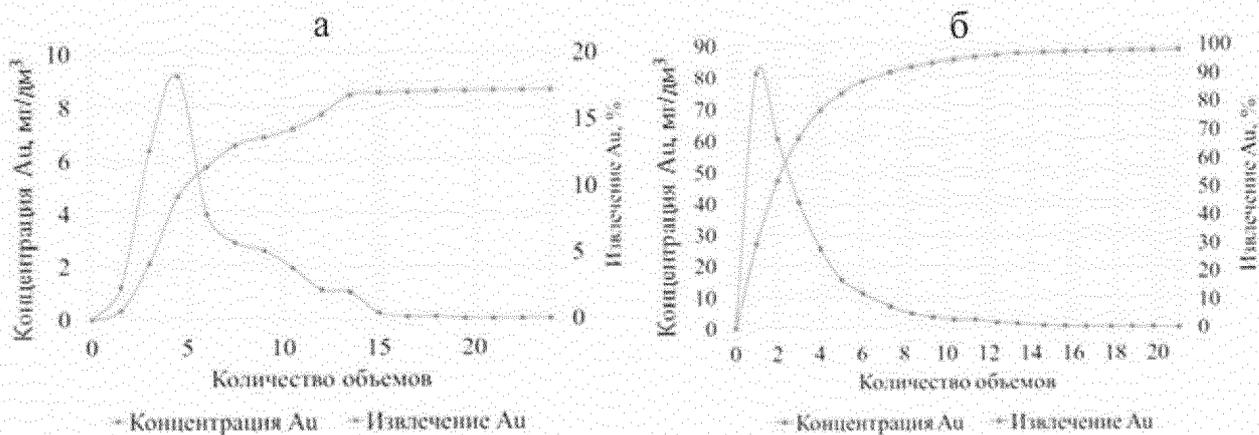
Фиг. 5



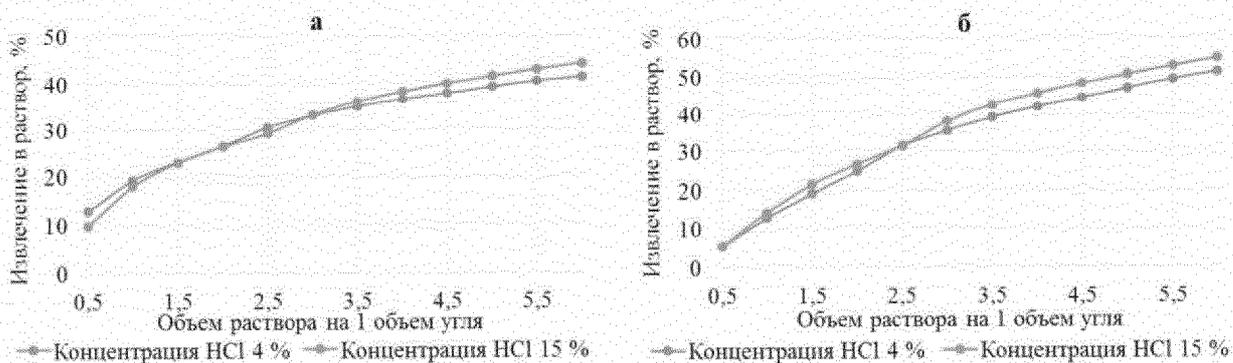
Фиг. 6



Фиг. 7



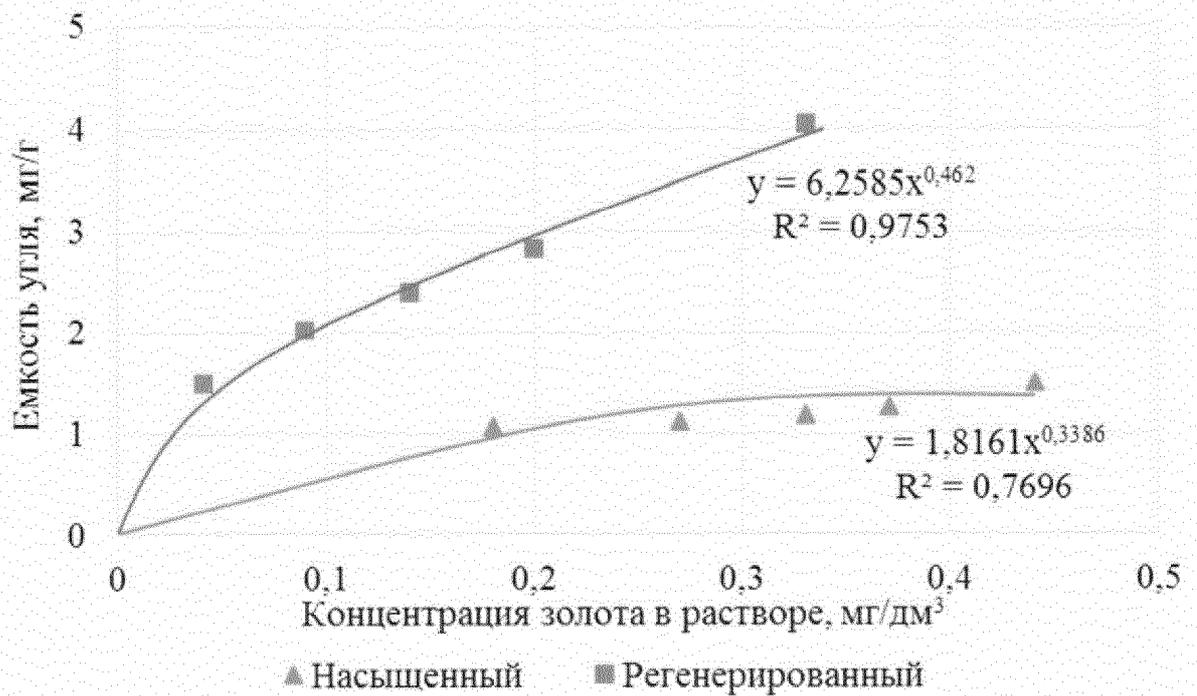
Фиг. 8



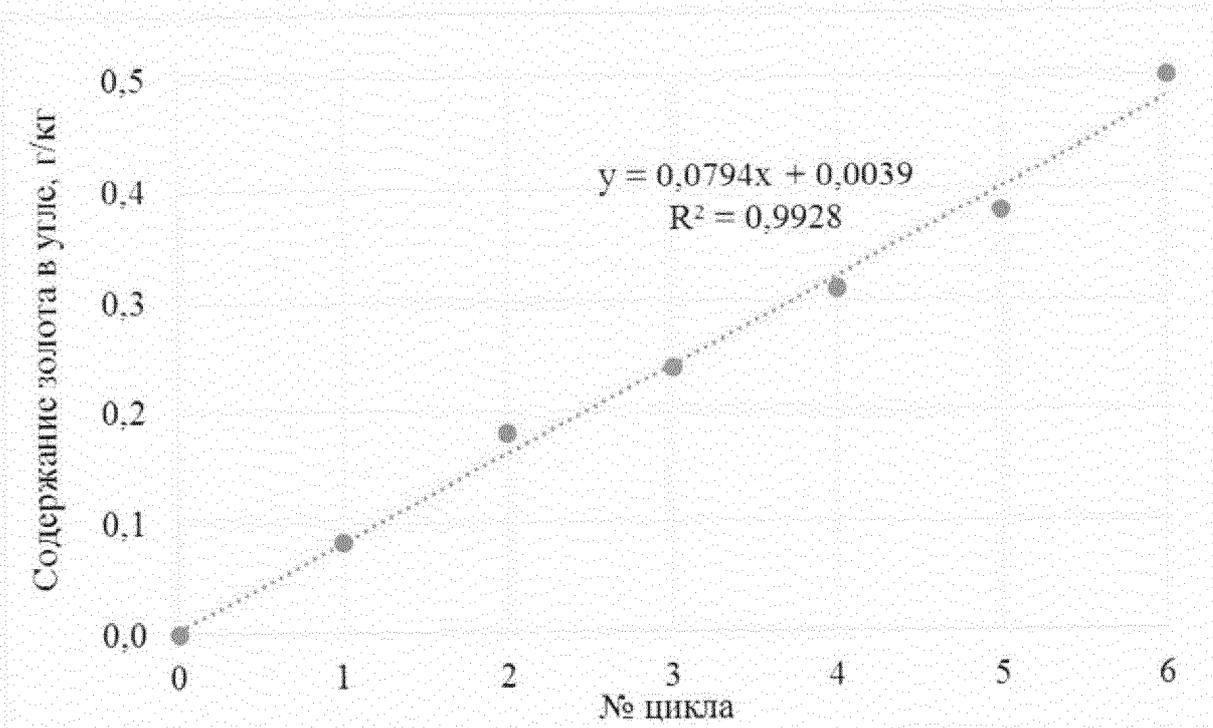
Фиг. 9



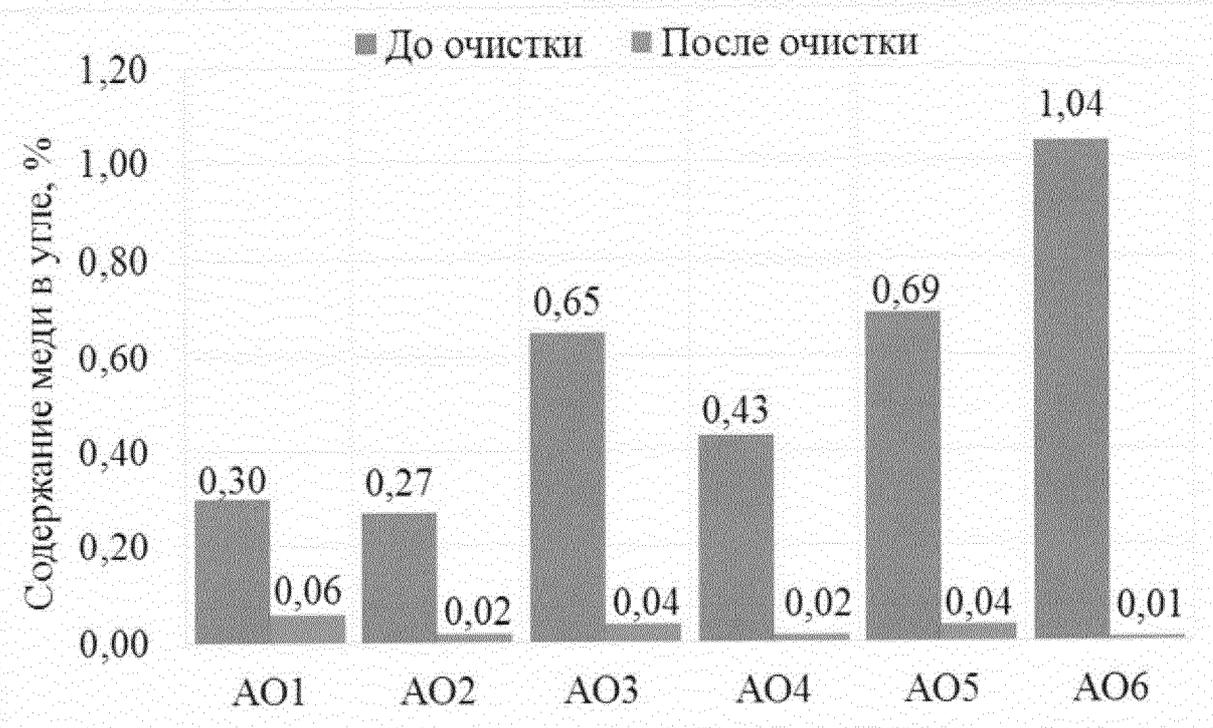
Фиг. 10



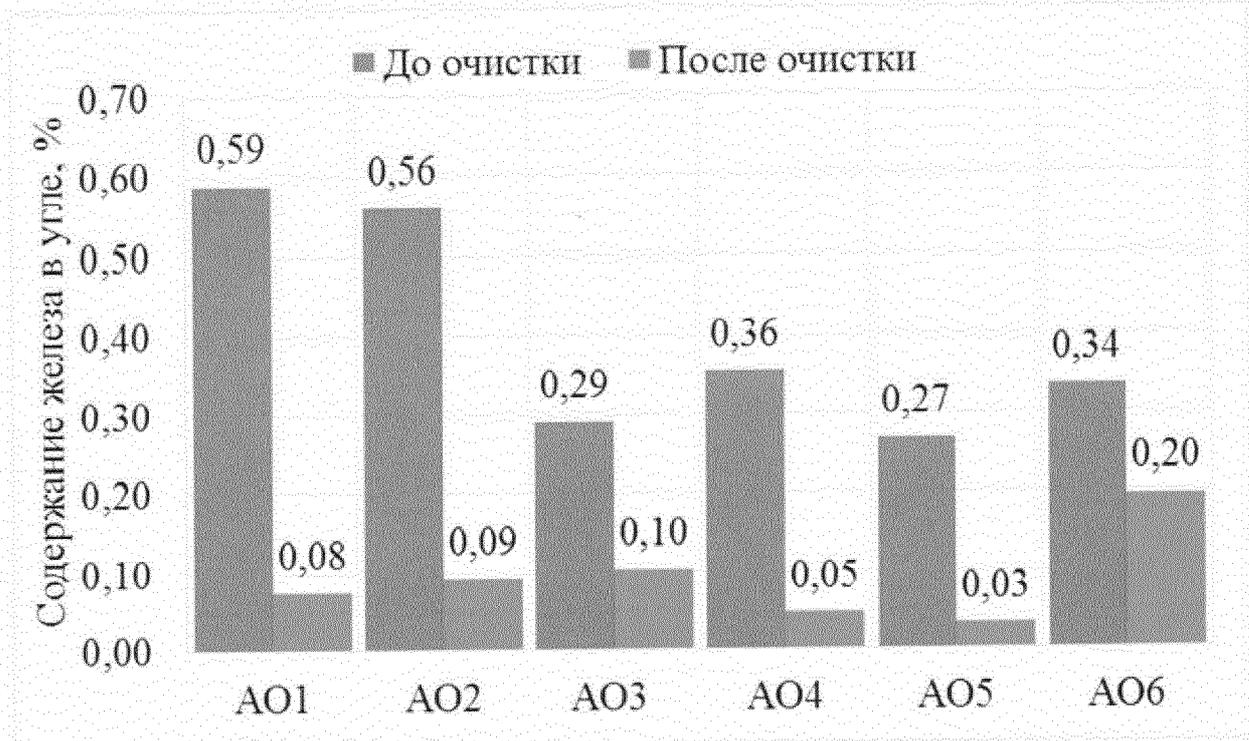
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202000002

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

C22B 11/08 (2006.01)
C22B 3/24 (2006.01)
C22B 3/44 (2006.01)
B01J 20/20 (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)
C22B 3/00, 3/04, 3/20, 3/24, 3/44, 11/00, 11/02, 11/08, B01J 20/00, 20/20, 20/30

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
EAPATIS, Esp@cenet, USPTO, RUPAT, PATENTSCOPE, Reaxys, Embase, PatSearch, eLIBRARY

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X Y A	WO 2004/092448 A2 (NEWMONT USA LIMITED, WAN RONG YU, LEVIER K. MARC) 2004.10.28, с. 2, строки 5-10; с. 10, строки 30-31; с. 11, строки 1-14; с. 30, строки 27-34; с. 31, с. 34, строки 13-17, примеры	1-4; 12, 14; 5-11, 13,15
X Y A	ХОЛМОГОРОВ А.Г. и др., Нецианидные растворители для извлечения золота из золотосодержащих продуктов, Химия в интересах устойчивого развития, 2001, №9, с. 293, столбец 1, строки 19-20; столбец 2, строки 22-25; с. 295, столбец 2, строки 19-26; с. 296, столбец 2, строки 5-9; с. 298, столбец 1, строки 9-12; столбец 2, строки 1, 10-12; УДК 546.59, [онлайн], [найдено 2020-08-17]. Найдено в < https://www.sibran.ru/upload/iblock/5f0/5f06a709aac8007ed6613e6c4699f09f.pdf >	1; 12, 14; 2-11, 13, 15
Y	НАУМОВА М.А., Переработка золотосодержащих руд методом кучного выщелачивания на предприятии АО «Васильевский рудник», Бакалаврская работа, Красноярск, 2019, с. 1, 32; с. 33, абзацы 1-2; [онлайн], [найдено 2020-09-24]. Найдено в < http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/126128/naumova_m._a.pdf?sequence=1 >	12, 14
A	RU 2704946 C1 (АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ИРКУТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ БЛАГОРОДНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ И АЛМАЗОВ" АО "ИРГИРЕДМЕТ") 2019.10.31, весь документ	1-15

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«T» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

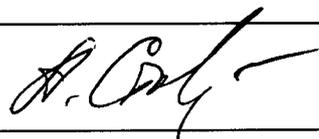
«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **21/09/2020**

Уполномоченное лицо:
Заместитель начальника Управления экспертизы
Начальник отдела химии и медицины



А.В.Чебан