

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202000003** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки
2021.07.30

(51) Int. Cl. **C22B 11/08** (2006.01)
C22B 3/04 (2006.01)
C22B 3/24 (2006.01)
C22B 3/42 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.01.09

(54) **СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНОГО СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ**

(96) **2020000001 (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,
Набиулин Руслан Нурлович,
Лукьянов Андрей Александрович
(RU)**

(57) Изобретение относится к области гидрометаллургии драгоценных металлов и может быть использовано для извлечения золота из упорного сульфидного сырья, содержащего пирит, арсенопирит, халькопирит и др. сульфиды, а также золото. Способ извлечения золота из упорного сульфидного сырья включает автоклавное окисление сульфидного сырья и сорбционное выщелачивание золота из продукта автоклавного окисления. Согласно изобретению сульфидное золотосодержащее сырье подвергают автоклавному окислению для вскрытия золота, из окисленного продукта выщелачивают золото тиоцианатным растворителем, а извлечение тиоцианатного комплекса золота из пульпы выщелачивания осуществляют сорбцией в реакторах.

202000003
A1

202000003
A1

СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНОГО СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ

Изобретение относится к области гидрометаллургии драгоценных металлов и может быть использовано для извлечения золота из упорного сульфидного сырья, содержащего пирит, арсенопирит, халькопирит и др. сульфиды, а также золото.

Основными носителями драгоценных металлов в упорных рудах являются сульфиды: пирит, арсенопирит, халькопирит и др. Золото обычно присутствует в концентратах от обогащения руд в виде тонких вкраплений в сульфидах.

Известен способ переработки упорных сульфидных золотосодержащих концентратов [1], включающий высокотемпературное автоклавное окисление концентратов, содержащих драгоценные металлы и сульфиды, при 180-230 °С и давлении кислорода 1,7-3,5 МПа, противоточную отмывку окисленного твердого продукта от кислоты, железа, мышьяка и цветных металлов в сгустителях до pH = 5-6 и/или его нейтрализацию известковым молоком до pH = 10,5-11 с последующим извлечением золота в цианистой среде по технологии CIL/RIL (carbon/resin in leach – уголь/смола в выщелачивании), CIP/RIP (carbon/resin in pulp – уголь/смола в пульпе). Данный способ является достаточно эффективным для переработки упорных сульфидных концентратов и позволяет извлекать золото, тонко вкрапленное в пирит, арсенопирит и другие минералы.

Однако данный способ имеет ряд недостатков, связанных с использованием цианида в качестве растворителя золота. Во-первых, применяемый, в основном, цианид натрия, является высокотоксичным соединением, которое может стать причиной отравления рабочего персонала и загрязнения окружающей среды. Отходы предприятий, использующих цианид для растворения золота, должны обезвреживаться перед сбросом в окружающую среду специальными реагентами, использование которых

значительно увеличивает себестоимость получаемого золота. Во-вторых, окисленная пульпа содержит большое количество серной кислоты и растворенных сульфатов металлов, что, вызывает необходимость в операциях противоточной отмывки и/или нейтрализации для достижения рН пульпы, поступающей на цианирование, на уровне 10,5-11,5, что также увеличивает конечную стоимость получаемого золота. В-третьих, окислителем золота при цианидном выщелачивании является кислород, что вызывает необходимость его подачи в процесс выщелачивания золота в виде сжатого воздуха или в чистом виде. В-четвертых, процессы противоточной отмывки и цианидного выщелачивания имеют значительную продолжительность (от 24 до 72 часов), что вызывает необходимость в установке большого объема технологического оборудования.

Известен также способ переработки сульфидных концентратов, содержащих драгоценные металлы, принятый за ближайший аналог (прототип), включающий автоклавное окисление сульфидного золотосодержащего концентрата при температуре $160\div 250$ °С и давлении кислорода 0,5-5,0 МПа. Выщелачивание золота проводят галогенсодержащими растворителями (хлор-, бром- или йод-иона) совместно с окислением сульфидного сырья в автоклаве (в одну стадию) [2] или после автоклавного окисления (в две стадии) [3] с загрузкой сорбента – активированного угля или ионообменной смолы. После выщелачивания сорбент, насыщенный драгоценными металлами, отделяют от пульпы грохочением. При использовании порошкового сорбента применяется процесс флотации. Извлечение ценных компонентов с насыщенного сорбента проводят известными способами. Данная технология является достаточно эффективной для переработки упорных сульфидных концентратов и позволяет извлекать золото, тонко вкрапленное в пирит, арсенопирит и другие минералы. Кроме того, данная технология не требует использование высокотоксичного цианида для растворения золота и позволяет извлекать золото в кислой среде, исключая из технологической схемы операции

противоточной отмывки и/или нейтрализации окисленного продукта, стадию обезвреживания хвостовой цианистой пульпы. Окислителем золота при его выщелачивании может являться FeCl_3 , который образуется в процессе автоклавного окисления сульфидов железа в присутствии хлора.

Однако способ-прототип также имеет недостатки. Во-первых, необходимость использования материалов, способных выдерживать высоко агрессивную среду, содержащую смесь соляной и серной кислоты, ионы галогенов. Данные материалы являются более дорогими чем те, которые используются при стандартном автоклавном окислении сульфидных концентратов в сернокислой среде. Во-вторых, использование галогенов приводит к высокому расходу сорбента, который быстро разрушается и теряет свои свойства. Кроме того, разрушение сорбента ведет к потерям золота с хвостами и снижению его общего извлечения. В-третьих, низкая емкость насыщенного сорбента по золоту из-за разрушения сорбента и потери его сорбционных свойств. В-четвертых, продолжительность выщелачивания золота сильно зависит от температуры процесса. Так, при температуре галогенидного выщелачивания золота $220\text{ }^\circ\text{C}$ продолжительность процесса составляет 30 мин, а при температуре $90\text{ }^\circ\text{C}$ продолжительность процесса составляет 36 ч при извлечении золота 93 %.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является увеличение извлечения золота и снижение затрат на переработку упорного сульфидного сырья, содержащего драгоценные металлы.

Технический результат изобретения достигается за счет использования растворителя золота менее агрессивного, чем растворители-галогениды, и создания более благоприятных условий для извлечения драгоценных металлов при гидрометаллургической переработке упорных сульфидных концентратов.

Указанный технический результат также достигается тем, что золотосульфидное сырье подвергают автоклавному окислению для максимального вскрытия золота, связанного с сульфидными минералами.

Указанный технический результат достигается также тем, что золотосульфидное сырье подвергают автоклавному окислению для максимального окисления железа, присутствующего в перерабатываемом сырье до ионов Fe^{3+} .

Указанный технический результат достигается также тем, что выщелачивание драгоценных металлов из упорного сульфидного сырья, после автоклавного окисления, осуществляют с использованием тиоцианат-иона (например, тиоцианатов натрия или калия) в сернокислой среде.

Указанный технический результат достигается также тем, что добавление тиоцианатного растворителя осуществляют в горячую пульпу, поступающую из разгрузки самоиспарителя автоклава.

Указанный технический результат достигается также тем, что окислителем золота при выщелачивании драгоценных металлов из упорного сульфидного сырья, после автоклавного окисления, являются ионы Fe^{3+} .

Указанный технический результат достигается также тем, что извлечение тиоцианатного комплекса золота из выщелачивающего раствора осуществляют сорбцией на активированный уголь или ионообменную смолу по способу CIL, CIP, RIL или RIP.

Указанный технический результат достигается также тем, что сорбент вводится в пульпу из разгрузки самоиспарителя автоклава одновременно с введением тиоцианатного растворителя по способу CIL/RIL или после предварительного тиоцианатного выщелачивания по способу CIP/RIP.

Указанный технический результат достигается также тем, что общая продолжительность тиоцианатного выщелачивания окисленной пульпы составляет 30-300 минут.

Указанный технический результат достигается также тем, что выщелачивание и сорбция драгоценных металлов осуществляется в цепочке реакторов при атмосферном давлении, при этом движение пульпы и угля по реакторам осуществляется в режиме противотока.

Указанный технический результат достигается также тем, что время

пребывания сорбента в пульпе в процессе сорбции золота может составлять менее 24 часов и более.

Указанный технический результат достигается также тем, что извлечение драгоценных металлов из насыщенного сорбента осуществляется известными методами.

В заявляемом способе для максимального извлечения золота автоклавное окисление сульфидного золотосодержащего сырья ведут до полного окисления сульфидов и железа до ионов Fe^{3+} .

В заявляемом способе тиоцианатное выщелачивание золота из окисленного продукта осуществляют после разгрузки пульпы из самоиспарителя автоклава при температуре 50-100 °С, при атмосферном давлении.

В заявляемом способе тиоцианатное выщелачивание золота из окисленного продукта осуществляют с использованием растворимых тиоцианатов (например, калия или натрия) в сернокислой среде при $pH \leq 3$.

В заявляемом способе тиоцианатное выщелачивание золота из окисленного продукта осуществляют при концентрации тиоцианат-иона 0,05-5,0 г/л.

В заявляемом способе окислителем золота при тиоцианатном выщелачивании являются ионы Fe^{3+} .

В заявляемом способе извлечение тиоцианатного комплекса золота из выщелачивающего раствора осуществляется сорбцией с использованием активированного угля или ионообменной смолы с загрузкой сорбента в пульпу в количестве 0,1-15 % (об.).

В заявляемом способе загрузку сорбента в пульпу из разгрузки самоиспарителя автоклава производят одновременно с введением растворимого тиоцианата по способу CIL/RIL или после предварительного выщелачивания золота растворимым тиоцианатом по способу CIP/RIP.

В заявляемом способе продолжительность предварительного выщелачивания перед введением сорбента по способу CIP/RIP составляет 5-120 мин.

В заявляемом способе полная продолжительность выщелачивания золота по способу CIL, RIL, CIP, RIP составляет 0,25-36 часов.

В заявляемом способе выщелачивание и сорбция драгоценных металлов осуществляется в цепочке реакторов при атмосферном давлении, при этом движение пульпы и угля по реакторам осуществляется в режиме противотока.

В заявляемом способе емкость насыщенного сорбента будет зависеть от времени нахождения сорбента в процессе сорбции в реакторах, при этом время нахождения сорбента в процессе сорбции может составлять менее 24 часа и более.

В заявляемом способе цветные металлы, такие как медь, цинк, никель, свинец, сурьма и другие, если таковые присутствуют в перерабатываемом сульфидном сырье, извлекаются из продуктов переработки известными методами после сорбции тиоцианатного комплекса золота и отделения насыщенного золотом сорбента.

Отличием заявляемого способа от прототипа является то, что сульфидное золотосодержащее сырье подвергают автоклавному окислению в сернокислой среде без добавления ионов галогенов. Продукт автоклавного окисления подвергают выщелачиванию с использованием растворимых тиоцианатов в сернокислой среде для извлечения золота из окисленного продукта. Тиоцианатное выщелачивание золота проводят в реакторах при атмосферном давлении.

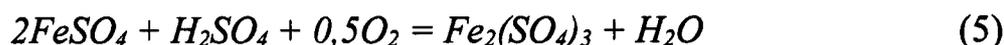
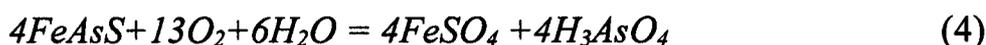
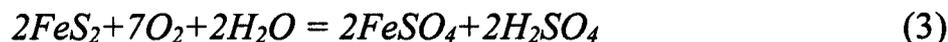
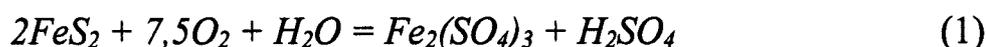
На фиг. 1 представлена схема реализации заявляемого способа по технологии CIL/RIL.

На фиг. 2 представлена схема реализации заявляемого способа по технологии CIP/RIP.

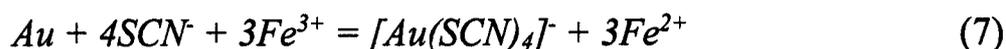
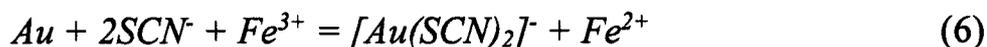
Физико-химическая сущность заявляемого способа основывается на следующих процессах:

1. Автоклавное окисление сульфидов с получением ионов Fe^{3+} .

Окисление сульфидов происходит в соответствии с реакциями 1-4, окисление ионов Fe^{2+} до ионов Fe^{3+} происходит по реакции 5.



2. Тиоцианатное выщелачивание золота. Растворение золота тиоцианатными растворами в присутствии окислителя Fe^{3+} происходит по реакциям 6-8.



Дальнейшее извлечение тиоцианатного комплекса золота из выщелачивающего раствора осуществляется сорбцией с использованием активированного угля или ионообменной смолы. Извлечение золота из насыщенного сорбента осуществляют известными методами.

В заявляемом способе условия автоклавного окисления: температура, давление кислорода, продолжительность и др. зависят от состава перерабатываемого сырья и подбираются таким образом, чтобы максимально окислить сульфидные минералы и получить максимальную концентрацию ионов Fe^{3+} в жидкой фазе пульпы автоклавного окисления.

В заявляемом способе условия тиоцианатного выщелачивания золота: концентрация растворимого тиоцианата, концентрация окислителя – ионов Fe^{3+} , концентрация сорбента, продолжительность предварительного и/или сорбционного выщелачивания, pH, и др. зависят от состава перерабатываемого сырья и подбираются таким образом, чтобы достичь максимального извлечения золота.

Основным продуктом переработки золотосодержащего сульфидного сырья по заявляемому способу является золото. Попутными продуктами могут быть серебро, а также медь, цинк и другие цветные металлы в зависимости от состава перерабатываемого сырья.

Заявляемый способ переработки сульфидного золотосодержащего сырья обеспечивает более полное извлечение золота при меньших операционных и капитальных затратах.

Примеры использования заявляемого способа.

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.

Экспериментальная проверка осуществлялась на флотационном золотомедном концентрате (концентрат 1), флотационном золото-пиритном концентрате (концентрат 2) и флотационном пирит-арсенопиритном золотосодержащем концентрате двойной упорности (концентрат 3). Составы концентратов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы концентратов

№ концентрата	1	2	3
Массовая доля компонента, %			
Fe	14,3	23,3	33,8
Cu	6,9	0,1	0,02
S	20,7	24,4	36,7
As	2,3	0,8	6,8
C _{орг}	-	-	0,6
Au, г/т	54,6	27,9	22,0

Пример 1 (по прототипу).

Опыты проведены на золото-пиритном флотационном концентрате №2. Первую стадию (автоклавное окисление) проводили при температуре 220 °С, давлении кислорода 3,0 МПа, загрузке концентрата 500 г, соотношении Ж:Т=2:1, интенсивность перемешивания 700 об./мин. Вторую стадию

(хлоридно-сорбционное выщелачивание золота) проводили в интервале температур 60-210 °С при продолжительности 60 мин без давления кислорода с добавлением 30 г/л хлорида натрия и 30 г активированного угля, что соответствовало 6 % об. Интенсивность перемешивания во второй стадии составляла 300 об./мин. Результаты опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты опытов

Условия 1-ой стадии		Степень окисления S ²⁻ , %	Условия 2-ой стадии		Выход, %		Содержание Au, г/т		Извлечение Au на уголь, %
Т°С	Р _{О₂} , МПа		Т°С	τ, мин	кека	угля	в угле	в кеке	
220	3,0	99,6	210	60,0	66,8	124,2	340	2,6	93,58
		99,7	180		81,2	127,5	330	2,4	92,8
		99,8	140		77,2	118,3	280	5,7	81,87
		99,7	100		63,6	119,2	260	7,8	78,94
		99,8	80		70,1	125,5	64	26,2	23,81
		99,8	60		63,4	113,2	52	22,8	19,63

Результаты экспериментов по способу-прототипу показывают, что эффективное извлечение золота (более 90 %) из концентрата при продолжительности сорбционного выщелачивания 60 минут происходит при температурах выше 180 °С. С понижением температуры хлоридно-сорбционного выщелачивания извлечение золота снижается и при температурах 80 и 60 °С составляет лишь 23,8 и 19,6 % соответственно.

Пример 2 (по заявляемому способу).

Опыты проведены на концентратах 1, 2 и 3. Все концентраты подвергали высокотемпературному автоклавному окислению (АО) при температуре 220 °С, давлении кислорода 3,0 МПа, загрузке концентрата 500 г, интенсивность перемешивания 700 об./мин, далее окисленную пульпу охлаждали до температуры 90-95 °С, добавляли роданид калия (1-2 г/л) и активированный уголь – 10 % (об.). Выщелачивание проводили в течение 60 минут при атмосферном давлении без подачи кислорода. Интенсивность перемешивания при тиоцианатном выщелачивании составляла 300 об./мин. Результаты опытов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты опытов

№ конц.	Ст.ок. S ²⁻ , %	Выход кека, %	Eh, мВ	pH	C _{КСНС} , г/л	Содержание Au, г/т		Извлечение Au, %
						Кек АО	Кек СІІ	
1	99,8	64,8	479	0,9	2,0	84,3	1,5	98,2
2	99,6	60,3	495	0,5	1,5	46,3	1,1	97,6
3	99,7	56,7	550	0,4	1,5	44,8	4,4	90,2

Результаты экспериментов по заявляемому способу показывают, что при тиоцианатном выщелачивании золота из кеков АО в течение 60 мин при температуре 90-95 °С извлечение золота из золотомедного концентрата № 1 составляет 98,2 % из золото-пиритного концентрата № 2 составляет 97,6 %. При переработке концентрата двойной упорности № 3 извлечение золота составило 90,2 %. Низкое извлечение золота при переработке концентрата двойной упорности № 3 может быть связано с прег-роббингом золота на сорбционно-активном углеродистом веществе [4, 5], содержащемся в данном концентрате.

Пример 3 (по прототипу).

На золото-пиритном концентрате 2 проведена серия экспериментов по многократному использованию сорбента в обороте.

На первой стадии проводили автоклавное окисление концентрата при $t = 220$ °С, $P_{O_2} = 3,0$ МПа, интенсивность перемешивания 700 об./мин.

Часть кека автоклавного окисления анализировали на содержание золота и степень окисления сульфидов. В оставшуюся пульпу добавляли 30 г NaCl и 6 % (об.) активированного угля и проводили шесть циклов сорбционного выщелачивания золота при следующих параметрах: $t = 200$ °С, $\tau = 30$ мин, интенсивность перемешивания 300 об/мин. Результаты опытов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты опытов

Степень окисления S ²⁻ , %	Au в кеке АО, г/т	Циклы сорбции	Au в кеке сорбции, г/т	Au в угле, кг/т	Извлечение Au на уголь, %
99,7	34,7	1	1,9	0,4	94,5
		2	2,6	0,796	92,5
		3	9,2	1,02	73,5
		4	21,8	-	37,2
		5	34,6	-	0,3
		6	37,6	1,11	-

Показано, что трехступенчатая сорбция на активированный уголь в автоклаве позволяет повысить содержание золота на угле до 1,02 кг/т. Дальнейшее увеличение числа ступеней сорбции приводит лишь к незначительному повышению емкости угля по золоту (до 1,11 кг/т). При использовании угля в обороте отмечено снижение его сорбционных свойств, что приводит к снижению извлечения золота после каждой ступени.

В процессе многократного использования угля отмечено его разрушение. Так, на первую стадию сорбции было загружено 30 г сорбента, а после шести циклов масса угля составила 24 г. С учетом отбора угля на анализ (3 г), общие потери составили около 3 г (10 %).

Повышенное содержание золота в кеке выщелачивания после шестого цикла (37,6 г/т) относительно исходного кека автоклавного окисления (34,7 г/т) связано с разрушением золотосодержащего угля и потерями золота с его частицами.

Пример 4 (по заявляемому способу)

На концентрате 1 проведена серия экспериментов по многократному использованию сорбента.

На первой стадии проводили автоклавное окисление концентрата при $t = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{O}_2} = 3,0\text{ МПа}$, интенсивность перемешивания 700 об./мин.

На второй стадии проводили шесть циклов сорбционного тиоцианатного выщелачивание золота из окисленных кеков при температуре 90-95 °С, при концентрации тиоцианата калия 2 г/л с добавлением 10 % (об.)

активированного угля. Продолжительность выщелачивания составляла 60 минут. Интенсивность перемешивания 300 об/мин. Результаты опытов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты опытов

Степень окисления S^{2-} , %	Au в кеке АО, г/т	Циклы сорбции	Au в кеке сорбции, г/т	Au в угле, кг/т	Извлечение Au на уголь, %
99,8	41,6	1	2,2	0,15	94,7
		2	1,8	0,26	95,7
		3	2,4	0,27	94,2
		4	1,9	0,36	95,4
		5	1,5	0,39	96,4
		6	1,5	0,48	96,4

Показано, что использование угля в обороте не способствует снижению его сорбционной активности и снижению извлечения золота на уголь. Насыщение угля золотом происходит равномерно после каждой ступени сорбции.

В процессе многократного использования угля разрушения и потерь угля в пределах погрешности измерительных приборов не отмечено.

Пример 5 (по заявляемому способу)

На концентрате 1 проведены эксперименты по насыщению сорбента золотом при длительном времени пребывания сорбента в пульпе.

В пульпу автоклавного окисления добавляли 2 г/л тиоцианата калия и проводили предварительное выщелачивание в течение 60 минут при температуре 90 °С. Потом в пульпу выщелачивания добавляли 0,25 % (об.) активированного угля и проводили сорбционное выщелачивание в течение 24 часов. Полученные результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты опытов

Продукт	Параметр	ед.изм.	Опыт	
			1	2
	Eh	мВ	419	425
	pH	-	0,75	0,7

Раствор после сорбции	Fe ³⁺	г/л	14	13,5
	Fe ²⁺		1,4	1,2
	Cu		6,5	6,1
	H ₂ SO ₄		65,7	66,2
	Au	мг/л	0,27	0,27
Кек после сорбции	выход	%	79,5	77,3
	Au	г/т	2,2	1,8
Уголь насыщенный	Au	кг/т	3,93	3,92
Извлечение Au в раствор		%	94,5	95,6
Извлечение Au на уголь		%	91,3	92,4

Показано, что за время пребывания угля в процессе сорбции 24 часа емкость угля достигает 3,9 кг/т при остаточной концентрации золота в растворе 0,27 мг/л. При этом извлечение золота на уголь составило 92,4 %.

Пример 6 (по заявляемому способу)

На концентрате 1 проведена серия экспериментов по уточнению параметров тиоцианатного выщелачивания. Окисление концентрата проводили при температуре 220 °С, P_{O₂} = 3,0 МПа, интенсивность перемешивания 700 об./мин.

Тиоцианатное выщелачивание проводили при температуре 90-95 °С при атмосферном давлении. Интенсивность перемешивания 300 об/мин. Концентрацию тиоцианата калия изменяли от 1 до 3 г/л. Опыты проводили с предварительным выщелачиванием в режиме СІР и без предварительного выщелачивания в режиме СІЛ. Продолжительность предварительного выщелачивания составляла 15 и 60 минут, продолжительность сорбционного выщелачивания составляла 60, 120 и 180 минут. Загрузка активированного угля во всех опытах составляла 10 % (об.). Результаты экспериментов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты опытов

Параметр	ед.изм.	Циклы сорбции					
		1	2	3	4	5	6
Концентрация KCNS	г/л	1	1,5	2	1	2	3

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
Общая продолжительность	мин	180	120	60	195	135	120
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/л	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
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	%	95,3	95,7	96,8	97,1	96,5	97,2

Показано, что тиоцианатное выщелачивание золота из кеков автоклавного окисления можно проводить как с предварительным выщелачиванием, так и без него. При этом увеличение концентрации добавляемого тиоцианата калия с 1 до 3 г/л не оказывает влияния на извлечение золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

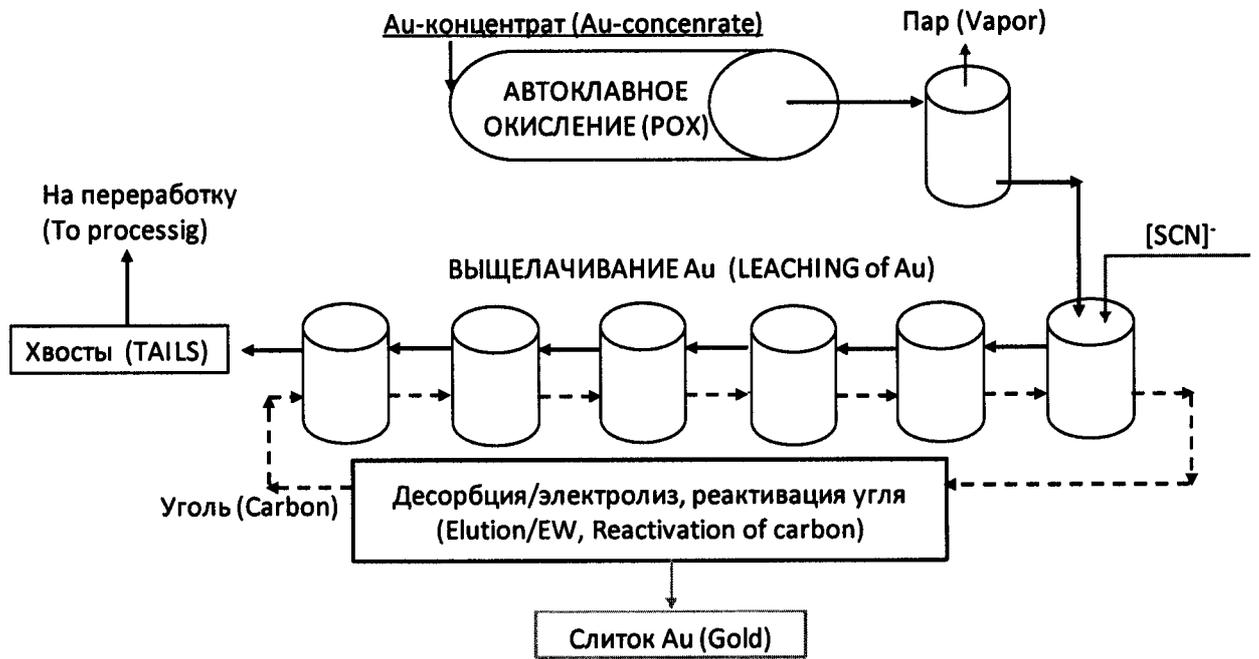
1. Thomas. K.G. Pressure oxidation overview / *Developments in Mineral Processing*, Vol. 15 *Mike D. Adams (Editor)*. 2005
2. Пат. ЕАПО 017438 RU. Способ переработки сырья, содержащего благородные металлы и сульфиды. Богородский А.В., Емельянов Ю.Е., Баликов С.В. 2012
3. Пат. 2625146 RU. Способ извлечения драгоценных металлов из упорного золотосульфидного сырья. Болдырев А.В., Богородский А.В., Емельянов Ю.Е., Баликов С.В. 2017 – прототип
4. Miller J.D., Wan R.-Y., Diaz X. Preg-robbing gold ores // *Advances in gold ore processing*. Edited By M. D. Adams, 2005. – Chapter 38. P. 937-972.
5. Патент 2514900 РФ, МПК С 22 В 11/00, 3/04. Способ переработки золотосодержащих концентратов двойной упорности / Я.М. Шнеерсон, Л.В. Чугаев, В.К. Фёдоров, А.Ю. Лапин, П.В. Зайцев, М.А. Плешков, М.В. Клементьев; ООО «НИЦ «Гидрометаллургия» ; Заявл. 04.07.2012; Опубл. 10.05.2014.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

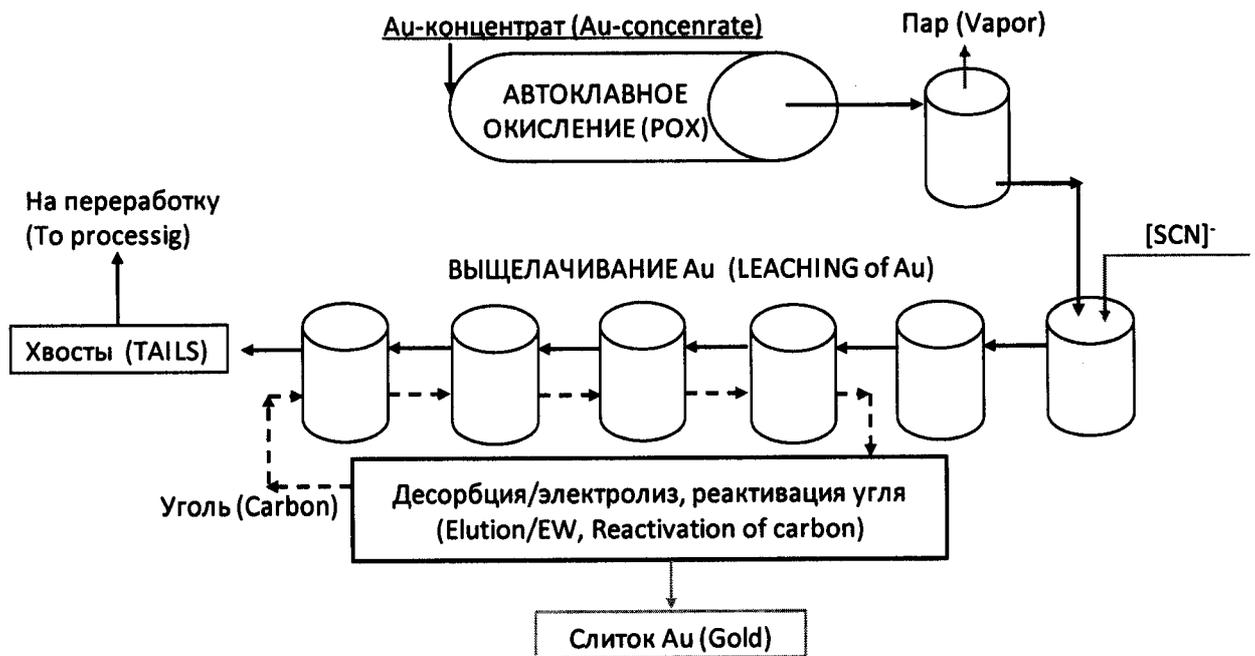
1. Способ извлечения золота из упорного сульфидного сырья, включающий автоклавное окисление сульфидного сырья и сорбционное выщелачивание золота из продукта автоклавного окисления, *отличающийся* тем, что сульфидное золотосодержащее сырье подвергают автоклавному окислению для вскрытия золота, окисленный продукт подвергают выщелачиванию золота тиоцианатным растворителем с извлечением тиоцианатного комплекса золота из пульпы выщелачивания сорбцией.
2. Способ по п.1 отличающийся тем, что автоклавное окисление сульфидного упорного золотосодержащего сырья осуществляют в сернокислой среде без добавления ионов галогенов.
3. Способ по п.1 отличающийся тем, что автоклавное окисление сульфидного упорного золотосодержащего сырья осуществляют в условиях, позволяющих максимально окислить железо, присутствующее в перерабатываемом сырье, до ионов Fe^{3+} .
4. Способ по п.1 отличающийся тем, что выщелачивание золота из упорного сульфидного сырья, после автоклавного окисления, осуществляют с использованием растворимых тиоцианатов.
5. Способ по п.4 отличающийся тем, что тиоцианатное выщелачивание золота из окисленного продукта осуществляют в сернокислой среде при $pH \leq 3$.
6. Способ по п.4 отличающийся тем, что окислителем золота при тиоцианатном выщелачивании золота из упорного сульфидного сырья, после автоклавного окисления, являются ионы Fe^{3+} .
7. Способ по п.4 отличающийся тем, что концентрация тиоцианат-иона при выщелачивании золота из продукта автоклавного окисления составляет 0,05-5,0 г/л.

8. Способ по п.4 отличающийся тем, что добавление тиоцианатного растворителя осуществляют в горячую пульпу, поступающую из автоклава.
9. Способ по п.8 отличающийся тем, что тиоцианатное выщелачивание золота из окисленного продукта осуществляют при температуре 50-100 °С, при атмосферном давлении.
- 10.Способ по п.1 отличающийся тем, что извлечение тиоцианатного комплекса золота из пульпы выщелачивания осуществляется сорбцией с использованием активированного угля или ионообменной смолы.
- 11.Способ по п.10 отличающийся тем, что концентрация сорбента в пульпе выщелачивания составляет 0,1-15 % (об.).
- 12.Способ по п.10 отличающийся тем, что загрузку сорбента в пульпу производят одновременно с введением растворимого тиоцианата по способу CIL/RIL или после предварительного выщелачивания золота растворимым тиоцианатом по способу CIP/RIP.
- 13.Способ по п.12 отличающийся тем, что продолжительность предварительного тиоцианатного выщелачивания золота из продукта автоклавного окисления перед введением сорбента в пульпу по способу CIP/RIP составляет 5-120 мин.
- 14.Способ по п.12 отличающийся тем, что полная продолжительность выщелачивания золота по способу CIL, RIL, CIP, RIP составляет 0,25-36 часов.
- 15.Способ по п.1 отличающийся тем, что выщелачивание и сорбция золота осуществляется в цепочке реакторов при атмосферном давлении, при этом движение пульпы и угля по реакторам осуществляется в режиме противотока.
- 16.Способ по п.15 отличающийся тем, что время нахождения сорбента в процессе сорбции в реакторах может составлять менее 24 часа и более.

СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНОГО СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ



Фиг. 1



Фиг. 2

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

Номер евразийской заявки:

202000003

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

C22B 11/08 (2006.01)
C22B 3/04 (2006.01)
C22B 3/24 (2006.01)
C22B 3/42 (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, 3/42, 11/00, 11/02, 11/08, 15/00

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	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 3-7, 11-13, 19-20; столбец 2, строки 6-9, 22-25; с. 294, столбец 2, строки 1-19; с. 295, столбец 1, строки 15-16, 19-27; столбец 2, строки 12-15, 19-26; с. 296, столбец 1, строки 1-5; столбец 2, строки 1-4; с. 297; с. 298, столбцы 1-2; УДК 546.59, [онлайн], [найдено 2020-08-17]. Найдено в < https://www.sibran.ru/upload/iblock/5f0/5f06a709aac8007ed6613e6c4699f09f.pdf >	1, 4-7, 10, 12; 2-3; 8-9, 11, 13-16
X Y A	WO 2004/092448 A2 (NEWMONT USA LIMITED, WAN RONG YU, LEVIER K. MARC) 2004.10.28, с. 1-2, 5-8, 11	1, 4, 6-7, 10; 2-3; 5, 8-9, 11-16
Y	US 4647307 A (RAUDSEPP REIN, PETERS ERNEST, BEATTIE MORRIS J V) 1987.03.03, примеры	2-3
A	WO 2012/076981 A1 (BARRICK GOLD CORP. et al.) 2012.06.14, весь документ	1-16

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:
«А» - документ, определяющий общий уровень техники
«D» - документ, приведенный в евразийской заявке
«Е» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
«О» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
«Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
«У» - 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: **17/08/2020**

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



А.В.Чебан