

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **034442**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.02.07**(21) Номер заявки  
**201890721**(22) Дата подачи заявки  
**2016.10.12**(51) Int. Cl. **B03D 1/06** (2006.01)  
**B03D 101/06** (2006.01)  
**B03D 103/02** (2006.01)**(54) ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТРУДНОВСКРЫВАЕМОГО ЗОЛОТА**(31) **20155726**(32) **2015.10.13**(33) **FI**(43) **2018.09.28**(86) **PCT/FI2016/050713**(87) **WO 2017/064369 2017.04.20**(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)**(72) Изобретатель:  
**Мойланен Яри, Леппинен Яакко (FI)**(74) Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев  
А.В. (RU)**

(56) TUTEJA R.K. et al.: "Studies on differential flotation characteristics of arsenopyrite/pyrite concentrate", Proceedings of the international conference on extractive metallurgy of gold and base metals, 1 January 1992 (1992-01-01), pages 217-219, XP009193226, page 217

WEIR D. Robert et al.: "Refractory gold: the role of pressure oxidation", Gold 100, Proceedings of the international conference on gold, vol. 2, 1 January 1986 (1986-01-01), pages 275-285, XP009193223, page 276

LIU Y. et al.: "Flotation separation of carbonate from sulfide minerals, I: flotation of single minerals and mineral mixtures", MINERALS ENGINEERING., vol. 17, no. 7-8, 1 July 2004 (2004-07-01), pages 855-863, XP055338121, GB ISSN: 0892-6875, DOI: 10.1016/j.mineng.2004.03.006 page 856

CONNOR et al.: "0892-6875(94) E0028-A The Flotation of gold bearing ores - A Review", Minerals Engineering, 1 January 1994 (1994-01-01), pages 839-849, XP055338300, Retrieved from the Internet. URL: [http://ac.els-cdn.com/0892687594901287/1-s2.0-0892687594901287-main.pdf?\\_tid=40b37b30-e231-11e6-bfba-00000aab0f01&acdnat=1485261364\\_ad225f68676bb71a56000b892cede617](http://ac.els-cdn.com/0892687594901287/1-s2.0-0892687594901287-main.pdf?_tid=40b37b30-e231-11e6-bfba-00000aab0f01&acdnat=1485261364_ad225f68676bb71a56000b892cede617) page 843

KYDROS K.A. et al.: "Processing an Auriferous Pyrite Concentrate in the Presence of Reducing Agents", Canadian metallurgical quarterly, vol. 34, no. 1, 1 January 1995 (1995-01-01), pages 15-20, XP055338385, CA ISSN: 0008-4433, DOI:10.1179/cmqr.1995.34.1.15 page 15 - page 16

(57) В изобретении предложен способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего золотосодержащие сульфидные минералы, включающий: (a) получение золотосодержащего сырья, включающего золотосодержащие сульфидные минералы, включающие первый тип сульфидного минерала и второй тип сульфидного минерала, причем указанный первый тип сульфидного минерала имеет более высокое содержание золота, чем указанный второй тип сульфидного минерала, причем указанный первый тип и указанный второй тип сульфидных минералов следует классифицировать как один вид сульфидных минералов; (b) формирование минеральной пульпы, включающей первый тип сульфидных минеральных частиц и второй тип сульфидных минеральных частиц, путем суспендирования измельченного золотосодержащего материала в воде; (c) кондиционирование минеральной пульпы путем добавления химического вещества, модифицирующего поверхность, выбранного из группы, состоящей из азота, окислителей, восстановителей, комплексообразователей и любых их смесей, для модификации поверхности сульфидных минеральных частиц первого типа, что делает указанные частицы нефлотируемыми, с получением кондиционированной пульпы; (d) обработку кондиционированной пульпы посредством процесса пенной флотации для отделения сульфидных минеральных частиц первого типа от сульфидных минеральных частиц второго типа; (e) извлечение нефлотируемых сульфидных минеральных частиц первого типа в качестве флотационных хвостов; (f) окисление под давлением (РОХ) флотационных хвостов, извлеченных на стадии (e), с получением выпускаемой суспензии, включающей освобожденное золото, и (g) извлечение золота из выпускаемой суспензии, полученной на стадии (f).

**B1****034442****034442 B1**

### **Область техники**

Настоящее изобретение относится к извлечению золота из материалов, включающих трудноскрываемые золотосодержащие минералы, в частности к способу обогащения золотосодержащих материалов, включающих трудноскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы, перед выщелачиванием золота для увеличения концентрации выщелачиваемого золота в золотосодержащем материале.

### **Уровень техники**

В настоящее время золотосодержащие материалы, такие как золотоносные руды и концентраты, почти исключительно подвергают цианидному выщелачиванию для извлечения золота. Однако в труднообогащаемых золотосодержащих материалах, таких как трудноскрываемые руды и концентраты, частицы золота блокированы внутри матрицы, чаще всего в сульфидных минералах, и раствор цианида не может разрушить сульфидные структуры, такие как пирит ( $\text{FeS}_2$ ) и/или арсенопирит ( $\text{FeAsS}$ ). Таким образом, для разрушения структуры минерала необходима предварительная обработка, чтобы вскрыть золото для последующего его извлечения. Обычно золотосодержащие трудноскрываемые сульфидные материалы предварительно обрабатывают перед выщелачиванием путем окисления под давлением (РОХ), чтобы обеспечить извлечение золота на рентабельном уровне. Существуют также способы извлечения золота из сульфидных или других золотосодержащих материалов с использованием галогенидных сред. Однако из-за наличия трудноскрываемых сульфидных материалов извлечение золота обеспечивается в меньшей степени и в этих способах.

При окислении под давлением сульфидные минералы окисляются, обнажая инкапсулированное золото, и оно высвобождается в раствор, после чего его извлекают путем выщелачивания. Процесс окисления под давлением происходит в автоклаве в жестких условиях при высокой температуре и высоком давлении. Стоимость такого автоклавного оборудования высока, и часто объем автоклава ограничивает перерабатывающую способность золотоперерабатывающего завода.

Для поддержания теплового и кислотного баланса при осуществлении процесса окисления под давлением также необходимо определенное содержание серы в обрабатываемом материале. Содержание серы можно регулировать перед осуществлением процесса окисления под давлением путем обработки всего или части материала в процессе флотации сульфидов, когда материал с низким содержанием серы удаляют в виде флотационных хвостов, а флотационный концентрат направляют на окисление под давлением.

В WO 2013110757 A1 раскрыт способ обогащения металл-сульфидных руд в желаемых минералах в тех случаях, когда руды имеют сульфидсодержащую пустую породу, путем добавления окислителя к полученным из руд суспензиям во время пенной флотации или непосредственно перед ней без какой-либо обработки пульпы.

В US 6210648 B1 раскрыт способ флотации трудноскрываемых золотосодержащих сульфидов с использованием флотационного газа с дефицитом кислорода для неселективной флотации различных железосодержащих сульфидных разновидностей минералов перед окислением под давлением. Способ обеспечивает флотацию трудноскрываемых золотосодержащих сульфидов и, как заявлено, он обеспечивает лучшее отделение сульфидных минералов, включая трудноскрываемые золотосодержащие сульфиды, от несульфидных пустых пород. Флотационные концентраты извлекают из флотационной пены, обогащенной сульфидными минералами. Однако этот способ не позволяет селективно отделять сульфидные минералы друг от друга.

### **Краткое описание изобретения**

Таким образом, целью изобретения является создание способа и устройства для реализации этого способа для устранения вышеупомянутых недостатков. Цели изобретения достигают с помощью способа и процесса, которые характеризуются признаками, указанными в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные воплощения изобретения раскрыты в зависимых пунктах формулы изобретения.

Поверхностно-модифицирующая пенная флотация основана на селективной модификации поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц с высоким содержанием золота. Это может быть достигнуто путем установления электрохимического потенциала в процессе пенной флотации на таком уровне, при котором происходит химическая модификация поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, при этом реакционноспособные сульфидные минеральные частицы с высоким содержанием золота становятся гидрофильными и нефлотируемыми, в то время как неакционноспособные сульфидные минеральные частицы с низким содержанием золота остаются гидрофобными. Модификация поверхности частицы может быть достигнута путем добавления химического реагента, модифицирующего поверхность, такого как окислитель или восстановитель, или другими химическими средствами.

Преимущество настоящего способа состоит в том, что при обработке материалов, включающих главным образом золотосодержащие сульфидные минералы, увеличивается производительность при проведении окисления под давлением и/или уменьшаются капитальные затраты, связанные с процессом окисления под давлением.

### Краткое описание чертежей

Далее изобретение описано более подробно с помощью предпочтительных воплощений со ссылкой на чертежи, где

на фиг. 1 в качестве первого примера показана технологическая схема способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудноскрываемые золотосодержащие минералы,

на фиг. 2 в качестве второго примера показана технологическая схема способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудноскрываемые золотосодержащие минералы;

на фиг. 3 в качестве третьего примера показана технологическая схема способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудноскрываемые золотосодержащие минералы;

на фиг. 4 показана зависимость степени извлечения при флотации различных типов сульфидных пиритных минералов от электрического потенциала флотационной пульпы.

### Подробное описание изобретения

Настоящее изобретение относится к извлечению золота из золотосодержащего сырья, включающего трудноскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы. Золото в трудноскрываемых золотосодержащих минералах плохо поддается выщелачиванию, что делает процесс извлечения неэкономичным при использовании прямого цианирования. Типичный золотосодержащий материал, включающий трудноскрываемые золотосодержащие минералы, имеет степень извлечения золота менее 80% при прямом цианировании. Термин "трудноскрываемый золотосодержащий материал" относится к материалам, блокирующим золото или расходующим цианид, в частности сульфидным минералам, таким как сульфиды железа (например, пирит, марказит, пирротин), сульфиды мышьяка (например, арсенопирит, аурипигмент, реальгар), сульфиды меди (например, халькопирит), сульфиды сурьмы (например, аурустибит, стибнит), теллуриды, элементарная сера или любая их смесь.

Указанное золотосодержащее сырье обычно содержит менее 80 мас.%, в частности менее 50 мас.%, предпочтительно менее 35 мас.%, более предпочтительно менее 25 мас.%, еще более предпочтительно от 0 до 10 мас.% самородного золота от общего золота в указанном сырье, причем общее золото включает самородное золото и золото, заблокированное в сырье, в частности в сульфидных минералах. Термин "самородное золото" относится к легкодобываемому золоту, в противоположность золоту, заблокированному в материале, в частности в сульфидных минералах, таких как сульфиды железа (например, пирит). Обычно указанное трудноскрываемое золотосодержащее сырье является рудой, или концентратом, или их производными, в которых основной минерал представляет собой пирит или арсенопирит. Помимо золота и серы указанное сырье может дополнительно содержать другие элементы, такие как серебро, медь, никель, кобальт, цинк, железо, свинец, алюминий и/или кремний.

Такое золотосодержащее трудноскрываемое сырье включает: 1) первый тип трудноскрываемых сульфидных минералов с высоким содержанием золота и 2) второй тип трудноскрываемых сульфидных минералов с низким содержанием золота. Неожиданно было обнаружено, что существует заметное различие в химической реакционной способности между указанным первым типом трудноскрываемых сульфидных минералов с высоким содержанием золота и указанным вторым типом трудноскрываемых сульфидных минералов с низким содержанием золота, хотя указанный первый и указанный второй типы сульфидных минералов следует классифицировать как один вид трудноскрываемых сульфидных минералов, например пирит. Оказалось, что первый тип трудноскрываемых сульфидных минералов с высоким содержанием золота имеет реакционноспособную поверхность, а второй тип трудноскрываемых сульфидных минералов с низким содержанием золота имеет менее реакционноспособную или неакционноспособную поверхность. Поскольку золото, в частности, связано с реакционноспособными сульфидными минералами, то желательно иметь возможность разделять различные типы трудноскрываемых сульфидных минералов для улучшения качества материала для процессов окисления под давлением. Настоящий способ основан на селективной модификации поверхностей реакционноспособных трудноскрываемых сульфидных минеральных частиц с высоким содержанием золота, что делает указанные частицы нефлотуемыми.

Например, золотоносный пирит отличается по минеральной морфологии, в частности, площадью поверхности сульфидного минерала. Реакционноспособный пирит с высоким содержанием золота обычно присутствует в сырье в виде микрокристаллического пирита, тогда как неакционноспособный пирит с низким содержанием золота присутствует в виде крупного пирита.

Содержание золота в реакционноспособных сульфидных минералах с высоким содержанием золота выше, чем содержание золота в неакционноспособных сульфидных минералах с низким содержанием золота. В частности, содержание золота в реакционноспособных сульфидных минералах с высоким содержанием золота составляет более 5 ч./млн, предпочтительно более 8 ч./млн, более предпочтительно от 10 до 100 ч./млн. Кроме того, в частности, содержание золота в неакционноспособных сульфидных минералах с низким содержанием золота составляет менее 5 ч./млн, предпочтительно менее 1 ч./млн, более предпочтительно от 0 до 0,1 ч./млн.

Соответственно, в настоящем изобретении предложен способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего золотосодержащие сульфидные минералы, включающий:

(а) получение золотосодержащего сырья, включающего золотосодержащие сульфидные минералы,

включающие первый тип сульфидного минерала и второй тип сульфидного минерала, причем указанный первый тип сульфидного минерала имеет более высокое содержание золота, чем указанный второй тип сульфидного минерала, причем указанный первый тип и указанный второй тип сульфидных минералов следует классифицировать как один вид сульфидных минералов;

(b) формирование минеральной пульпы, включающей первый тип сульфидных минеральных частиц и второй тип сульфидных минеральных частиц, путем суспендирования измельченного золотосодержащего материала в воде;

(c) кондиционирование минеральной пульпы путем добавления химического реагента, модифицирующего поверхность, выбранного из группы, состоящей из азота, окислителей, восстановителей, комплексообразователей и любых их смесей, для модификации поверхности сульфидных минеральных частиц первого типа, что делает указанные частицы нефлотлируемыми, с получением кондиционированной пульпы;

(d) обработку кондиционированной пульпы посредством процесса пенной флотации для отделения сульфидных минеральных частиц первого типа от сульфидных минеральных частиц второго типа;

(e) извлечение нефлотлируемых сульфидных минеральных частиц первого типа в качестве флотационных хвостов;

(f) окисление под давлением (ПОХ) флотационных хвостов, извлеченных на стадии (e), с получением выпускаемой суспензии, включающей освобожденное золото, и

(g) извлечение золота из выпускаемой суспензии, полученной на стадии (f).

На фиг. 1 показан первый пример способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, содержащего трудноскрываемые золотосодержащие минералы. Как показано на фиг. 1, золотосодержащее трудноскрываемое сырье, включающее:

1) первый тип трудноскрываемого сульфидного минерала с высоким содержанием золота, т.е. "реакционноспособный трудноскрываемый сульфидный минерал", и

2) второй тип трудноскрываемого сульфидного минерала с низким содержанием золота, т.е. "нереакционноспособный трудноскрываемый сульфидный минерал", обычно поставляемое в виде измельченной руды,

смешивают с водой с образованием минеральной пульпы 1.

Указанную минеральную пульпу, включающую реакционноспособные трудноскрываемые сульфидные минеральные частицы с высоким содержанием золота и нерреакционноспособные сульфидные минеральные частицы с низким содержанием золота, подвергают стадии 10 кондиционирования, на которой реакционноспособные трудноскрываемые сульфидные минеральные частицы дезактивируют, т.е. они становятся аэрофобными и неспособными к взаимодействию с флотационными химическими реагентами, путем добавления химического реагента 2, модифицирующего поверхность, который модифицирует поверхность реакционноспособных сульфидных минеральных частиц. Таким образом, дезактивация реакционноспособных трудноскрываемых сульфидных минеральных частиц делает указанные частицы нефлотлируемыми, в то время как нерреакционноспособные сульфидные минеральные частицы, которые не взаимодействуют или не реагируют с химическим реагентом 2, остаются флотлируемыми. В результате дезактивации сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота, соответственно, не происходит обогащение пены золотом на следующей стадии 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов, и, таким образом, можно селективно удалять сульфидные минеральные частицы второго типа с низким содержанием золота.

Для обеспечения возможности дезактивации реакционноспособных сульфидных минеральных частиц перед стадией флотации, перед стадией 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов выполняют стадию 10 кондиционирования. Химический реагент 2, модифицирующий поверхность, добавляют предпочтительно по меньшей мере за 2 мин до начала проведения стадии 20 селективной флотации сульфидных минералов. Для повышения селективности химический реагент 2, модифицирующий поверхность, добавляют по меньшей мере за 5 мин до начала проведения стадии 20 флотации. Поскольку при длительном воздействии химического реагента 2, модифицирующего поверхность, часть сульфидных минеральных частиц второго типа с низким содержанием золота может дезактивироваться и, таким образом, стать менее флотлируемой, продолжительность стадии 10 кондиционирования предпочтительно не превышает 30 мин, более предпочтительно 15 мин, еще более предпочтительно 10 мин. Однако требуемая продолжительность стадии 10 кондиционирования зависит от соответствующей природы сульфидных минеральных частиц первого и второго типов, поэтому даже более длительная продолжительность стадии 10 кондиционирования может быть допустимой.

Стадию 10 кондиционирования предпочтительно осуществляют в реакторе с мешалкой, упоминаемом здесь как "дезактивирующий реактор".

Модификации поверхности реакционноспособных пиритовых минералов с высоким содержанием золота достигают на стадии 10 кондиционирования путем введения химического реагента 2, модифицирующего поверхность. Необходимое количество химического реагента, модифицирующего поверхность, зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, расходуемых химический реагент 2, модифицирующий поверхность. Количество химического реагента 2,

модифицирующего поверхность, предпочтительно составляет от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды. Химический реагент 2, модифицирующий поверхность, предпочтительно выбирают из группы, состоящей из азота, окислителей, восстановителей, комплексообразователей и любых их смесей.

В конкретном примере модификацию поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, в результате которой указанные частицы становятся нефлотируемыми, осуществляют окислением поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц путем введения дозы окислителя. Указанный окислитель предпочтительно выбирают из группы, состоящей из пероксида водорода, кислорода, озона, перманганата щелочного металла, хлора, брома, серной кислоты и любых их смесей. Более предпочтительно указанный окислитель представляет собой пероксид водорода. Подходящее количество окислителя зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, потребляющих окислитель при выбранном условии, таком как электрохимический потенциал.

Количество окислителя составляет предпочтительно от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

В альтернативном примере модификацию поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, в результате которой указанные частицы становятся нефлотируемыми, осуществляют путем восстановления поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц посредством добавления дозы восстановителя. Указанный восстановитель предпочтительно выбирают из группы, состоящей из водорода, монооксида углерода, сульфида натрия, гидросульфида натрия, дитионита натрия, диоксида серы, сульфата двухвалентного железа, порошка Fe, порошка Zn и любых их смесей. Подходящее количество восстановителя зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, потребляющих восстановитель при выбранном условии, таком как электрохимический потенциал. Количество восстановителя составляет предпочтительно от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

В альтернативном примере модификацию поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, в результате которой указанные частицы становятся нефлотируемыми, осуществляют путем модификации поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц посредством добавления дозы комплексообразователя. Указанный комплексообразователь предпочтительно выбирают из группы, состоящей из этилендиамина тетрауксусной кислоты (ЭДТА), диэтилтриамина (ДЕТА), цианида щелочного металла, аммиака, хлорида щелочного металла и любых их смесей. Подходящее количество комплексообразователя зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, потребляющих восстановитель при выбранном условии, таком как электрохимический потенциал. Количество комплексообразователя составляет предпочтительно от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

После завершения стадии 10 кондиционирования кондиционированную пульпу 11, включающую дезактивированные трудноскрываемые минеральные частицы первого типа, подвергают стадии 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов. Кондиционированную пульпу 11 вводят в резервуары, известные как флотационные ячейки, которые аэрируют для образования пузырьков. Все аэрофильные и/или гидрофобные частицы присоединяются к газовым пузырькам, которые поднимаются к поверхности, образуя пену. На стадии 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов оставшиеся нереакционноспособные сульфидные минеральные частицы делают аэрофильными путем возможного добавления одного или более поверхностно-активных веществ, пенообразователей или химического коллектора, и разделения достигают путем пропускания воздушных пузырьков через обработанную суспензию. Нежелательные трудноскрываемые сульфидные минеральные частицы второго типа с низким содержанием золота прилипают к воздушным пузырькам, образуя пену, плавающую на поверхности пульпы.

Пену удаляют в виде верхнего продукта 22 флотации, а трудноскрываемые сульфидные минеральные частицы первого типа, содержание которых в пульпе является высоким, вместе с любой пустой породой, невосприимчивой к пенной флотации, могут быть извлечены в качестве нижнего продукта 21 флотации в виде минеральной пульпы, т.е. флотационных хвостов.

Флотационные хвосты 21 затем подвергают стадии 30 окисления под давлением, где в условиях, известных специалисту в данной области техники, сульфидные минералы окисляются, обнажая инкапсулированное золото, которое высвобождается в раствор. Затем золото может быть извлечено из полученной таким образом выпускаемой суспензии 31, включающей освобожденное золото, обычными способами, известными специалисту в данной области техники, например путем выщелачивания.

Золотосодержащее сырье также обычно включает силикаты в дополнение к золотосодержащим минералам. При желании эти силикаты могут быть удалены из минеральной пульпы перед стадией 30 окисления под давлением. Удаление силикатов может быть осуществлено либо до разделения сульфидных минералов первого и второго типов, либо после него.

На фиг. 2 показан второй пример способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудноскрываемые золотосодержащие минералы, где после разделения реакционноспособных и нереакционноспособных сульфидных минералов путем кондиционирования 10 и селективной пенной флотации 20 сульфидов удаляют силикаты с помощью флотации. На фиг. 2 подобные компоненты обо-

значены теми же номерами позиций, что и на фиг. 1.

Как уже обсуждали в связи с фиг. 1, минеральную пульпу 21, включающую сульфидные минералы второго типа с высоким содержанием золота, извлекают в качестве флотационных хвостов после стадии 20 селективной флотации сульфидных минералов. В примере, представленном на фиг. 2, минеральную пульпу 21 затем подвергают стадии 40 флотации силикатов перед тем, как ее подвергают стадии 30 окисления под давлением.

Стадия 40 флотации силикатов может быть выполнена любым подходящим способом, известным специалисту в данной области техники. На стадии 40 флотации силикатов силикаты всплывают, образуя обедненную силикатами минеральную пульпу 41, включающую сульфидные минералы с высоким содержанием золота, обедненные силикатами, в качестве флотационных хвостов, т.е. нижнего продукта флотации, а силикаты удаляют в виде верхнего продукта 42 стадии флотации. После этой дополнительной обогащающей стадии полученную обедненную силикатом минеральную пульпу 41 затем подвергают окислению под давлением, как описано в связи с фиг. 1.

На фиг. 3 в качестве третьего примера показан способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы, в котором силикаты удаляют с помощью коллективной флотации сульфидных минеральных частиц перед разделением сульфидных минеральных частиц первого и второго типов путем кондиционирования 10 и селективной пенной флотации 20 сульфидов. На фиг. 3 подобные компоненты обозначены теми же номерами позиций, что и на фиг. 1 и/или 2.

Как показано на фиг. 3, золотосодержащее сырье, обычно измельченную руду, смешивают с водой с образованием минеральной пульпы 1. Указанную минеральную пульпу подвергают стадии 50 коллективной флотации сульфидов, на которой сульфидные минералы всплывают и, таким образом, их отделяют от силикатов.

Стадия 50 коллективной флотации сульфидов может быть выполнена любым удобным способом, известным специалисту в данной области техники, в результате чего получают предварительно обработанную минеральную пульпу 51, обедненную силикатами и включающую как трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы первого типа с высоким содержанием золота, так и трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы второго типа с низким содержанием золота в качестве верхнего продукта. Содержание силикатов снижают и удаляют в виде нижнего продукта 52 на стадии 50 флотации силикатов. После этой стадии 50 коллективной флотации сульфидов предварительно обработанную минеральную пульпу 51 затем подвергают стадии 10 кондиционирования и стадии 20 селективной флотации сульфидных минералов, а затем последующей стадии 30 окисления под давлением, как описано в связи с фиг. 1.

На фиг. 4 показана в качестве примера зависимость степени извлечения при флотации различных типов сульфидных пиритных минералов от электрического потенциала флотационной суспензии. На первом графике (пирит 1) показана степень извлечения реакционноспособных пиритовых минералов с высоким содержанием золота, а на втором графике (пирит 2) показана степень извлечения нереакционноспособных пиритовых минералов с низким содержанием золота. Как можно видеть из фиг. 2, когда параметры флотационной суспензии выдерживают в требуемом диапазоне, в основном происходит извлечение пирита 1, что указывает на то, что в этих условиях модифицируется поверхность только реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, таким образом, указанные частицы становятся нефлотируемыми, в то время как поверхность пирита 2 остается немодифицированной, и он может быть удален с помощью флотации.

Специалисту в данной области будет очевидно, что по мере развития технологии концепция изобретения может быть реализована различными способами. Изобретение и воплощения по изобретению не ограничиваются примерами, описанными выше, но могут варьироваться в пределах объема формулы изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего золотосодержащие сульфидные минералы, включающий:

(а) получение золотосодержащего сырья, включающего золотосодержащие сульфидные минералы, включающие первый тип сульфидного минерала и второй тип сульфидного минерала, причем указанный первый тип сульфидного минерала имеет более высокое содержание золота, чем указанный второй тип сульфидного минерала, причем указанный первый тип и указанный второй тип сульфидных минералов следует классифицировать как один вид сульфидных минералов;

(б) формирование минеральной пульпы, включающей первый тип сульфидных минеральных частиц и второй тип сульфидных минеральных частиц, путем суспендирования измельченного золотосодержащего материала в воде;

(с) кондиционирование минеральной пульпы путем добавления химического реагента, модифицирующего поверхность, выбранного из группы, состоящей из азота, окислителей, восстановителей, ком-

плексообразователей и любых их смесей, для модификации поверхности сульфидных минеральных частиц первого типа, что делает указанные частицы нефлотлируемыми, с получением кондиционированной пульпы;

(d) обработку кондиционированной пульпы посредством процесса пенной флотации для отделения сульфидных минеральных частиц первого типа от сульфидных минеральных частиц второго типа;

(e) извлечение нефлотлируемых сульфидных минеральных частиц первого типа в качестве флотационных хвостов;

(f) окисление под давлением (РОХ) флотационных хвостов, извлеченных на стадии (e), с получением выпускаемой суспензии, включающей освобожденное золото, и

(g) извлечение золота из выпускаемой суспензии, полученной на стадии (f).

2. Способ по п.1, в котором золотосодержащий материал, включающий золотосодержащие сульфидные минералы, имеет коэффициент извлечения золота менее 80% при непосредственном цианировании.

3. Способ по п.1, в котором золотосодержащий материал включает блокирующие золото или расходующие цианид материалы, в частности сульфидные минералы, такие как сульфиды железа, сульфиды мышьяка, сульфиды меди, сульфиды сурьмы, теллуриды, элементарная сера или любая их смесь.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором содержание золота в первом типе сульфидного минерала составляет более 5 ч./млн, предпочтительно более 8 ч./млн, более предпочтительно от 10 до 100 ч./млн.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором содержание золота во втором типе сульфидного минерала составляет менее 5 ч./млн, предпочтительно менее 1 ч./млн, более предпочтительно до 0,1 ч./млн.

6. Способ по п.1, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является окислителем.

7. Способ по п.6, в котором окислитель выбирают из группы, состоящей из пероксида водорода, хлора, озона и перманганата щелочного металла, хлора, брома, серной кислоты и любых их смесей.

8. Способ по п.1, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является восстановителем.

9. Способ по п.8, в котором указанный восстановитель выбирают из группы, состоящей из водорода, монооксида углерода, сульфида натрия, гидросульфида натрия, дитионита натрия, диоксида серы, сульфата двухвалентного железа, порошка Fe, порошка Zn и любых их смесей.

10. Способ по п.1, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является комплексообразователем.

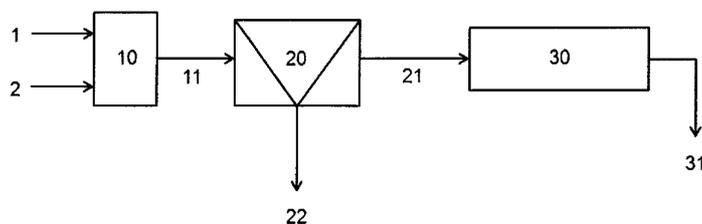
11. Способ по п.10, в котором указанный комплексообразователь выбран из группы, состоящей из этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), диэтилентриамина (ДЕТА), цианида щелочного металла, аммиака, хлорида щелочного металла и любых их смесей.

12. Способ по любому из пп.1-11, в котором количество химического реагента, модифицирующего поверхность, составляет от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

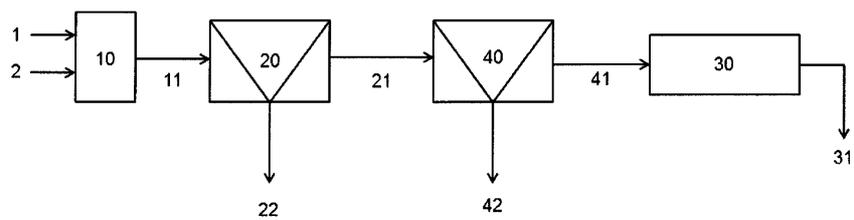
13. Способ по любому из пп.1-12, в котором указанное золотосодержащее сырье помимо золотосодержащих сульфидных минералов дополнительно включает силикаты, которые удаляют из минеральной пульпы перед стадией (f) окисления под давлением.

14. Способ по п.13, в котором силикаты удаляют после стадии (d) селективной флотации минералов, но перед стадией окисления под давлением предпочтительно с помощью флотации силикатов.

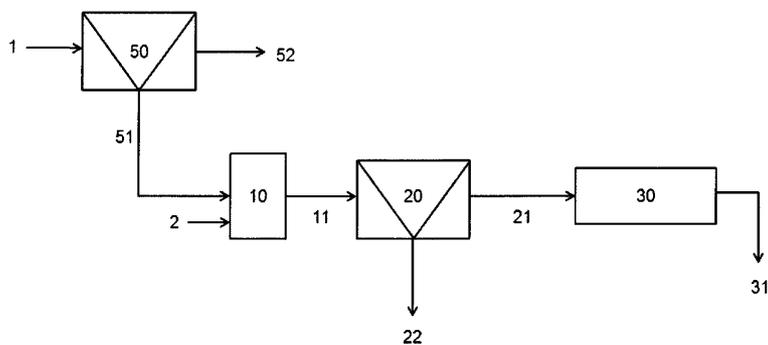
15. Способ по п.13, в котором силикаты удаляют из минеральной пульпы перед стадией (c) кондиционирования и стадией (d) селективной флотации минералов предпочтительно с помощью коллективной флотации сульфидов.



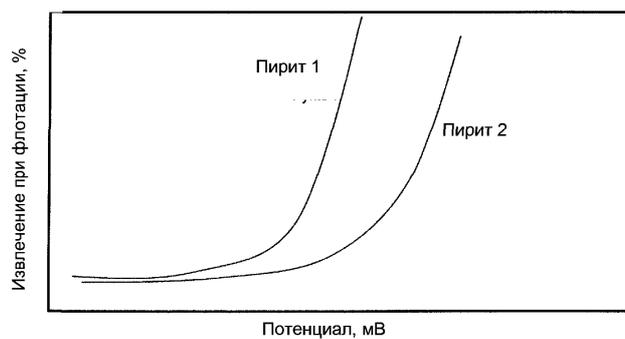
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

