



(51) МПК
C22B 23/00 (2006.01)
C22B 11/00 (2006.01)
C22B 3/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014127013/02, 03.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 03.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.07.2014

(45) Опубликовано: 20.01.2016 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 5232491 A, 03.08.1993. RU 2160319 C1, 10.12.2000. EP 1499751 A1, 26.01.2005. WO 9707248 A1, 27.02.1997. US 5344479 A, 06.09.1994. GB 1478571 A, 06.07.1977. US 4752412 A, 21.06.1988.

Адрес для переписки:

123100, Москва, 1-й Красногвардейский проезд,
 15, ПАО "ГМК "Норильский никель",
 Технический департамент

(72) Автор(ы):

Калашникова Мария Игоревна (RU),
 Салтыков Павел Михайлович (RU),
 Салтыкова Екатерина Геннадиевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество "Горно-металлургическая компания "Норильский никель" (RU)

(54) СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ СУЛЬФИДНЫХ ПИРРОТИН-ПЕНТЛАНДИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ДРАГОЦЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к гидрометаллургическим способам переработки сульфидных концентратов, содержащих цветные металлы, железо и драгоценные металлы. Сущность изобретения заключается в том, что пентландит-пирротиновый концентрат, измельченный до частиц 6-25 мкм, выщелачивают при 90-105°C и давлении кислорода до 1,0 МПа в присутствии серной кислоты и сульфата натрия. Окисленную пульпу направляют на разделение твердой и жидкой фаз. Металлсодержащий раствор направляют на переработку, а твердую фазу - на флотацию, в процессе которой образуется серосульфидный концентрат и хвосты отвального качества, в которые переходит не

более 5% цветных и не более 5-15% драгоценных металлов. В исходную пульпу на стадию выщелачивания добавляют сульфат натрия в количестве 100-300 кг/т сульфидного концентрата и серную кислоту в количестве, обеспечивающем поддержание конечного значения рН окисленной пульпы в интервале 0,9-1,8. Техническим результатом является значительное снижение потерь драгоценных металлов с отвальными хвостами, образующимися в процессе переработки окисленной автоклавной пульпы. Способ применим для выщелачивания пирротин-пентландитовых концентратов при любом содержании никеля в интервале 0,5-20%. 2 з.п. ф-лы, 7 пр.

RU 2 573 306 C1

RU 2 573 306 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C22B 23/00 (2006.01)*C22B 11/00* (2006.01)*C22B 3/08* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014127013/02, 03.07.2014**(24) Effective date for property rights:
03.07.2014

Priority:

(22) Date of filing: **03.07.2014**(45) Date of publication: **20.01.2016** Bull. № 2

Mail address:

**123100, Moskva, 1-j Krasnogvardejskij proezd, 15,
PAO "GMK "Noril'skij nikel", Tekhnicheskij
departament**

(72) Inventor(s):

**Kalashnikova Marija Igorevna (RU),
Saltykov Pavel Mikhajlovich (RU),
Saltykova Ekaterina Gennadievna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoje obshchestvo "Gorno-
metallurgicheskaja kompanija "Noril'skij nikel"
(RU)**

(54) PROCESSING METHOD OF SULPHIDE PYRRHOTINE-PENTLANDITE CONCENTRATES CONTAINING PRECIOUS METALS

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: pyrrhotine-pentlandite concentrate ground to size 6-25 mcm is leached at 90-105°C and oxygen pressure up to 1.0 MPa at presence of sulphuric acid and sodium sulphate. The oxidated pulp is delivered for separation to solid and liquid phases. The metal containing solution is sent for processing, and solid phase - for floatation, during it sulphur sulphide concentrate and tails of dump quality are produced, to them maximum 5% of non-ferrous and maximum 5-15% of precious metal are transferred. To the input pulp

at the leaching stage the sodium sulphate is added in amount of 100-300 kg/t of sulphide concentrate and sulphuric acid in amount ensuring keeping of the final pH of oxidated pulp in range 0.9-1.8. Method can be used for leaching of the pyrrhotine-pentlandite concentrates at any nickel content in range 0.5-20%.

EFFECT: reduced losses of precious metal with dump tails produced during processing of the oxidated autoclave pulp.

3 cl, 7 ex

Изобретение относится к цветной металлургии, в частности к гидрометаллургическим способам переработки сульфидных пирротин-пентландитовых концентратов, содержащих цветные металлы, железо и драгоценные металлы.

Известен способ гидрометаллургической переработки пирротиновых концентратов, включающий автоклавное окислительное выщелачивание материала с переводом серы в элементную, цветных металлов в раствор, железа в оксиды при температуре выше точки плавления элементной серы под давлением кислорода в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ), осаждение сульфидов цветных металлов из раствора окисленной пульпы элементной серой и металлизированным железным порошком с последующим выделением сульфидов и серы флотацией в серосульфидный концентрат, а оксидов железа - в отвальные хвосты. Этот способ промышленно реализован на Надеждинском металлургическом заводе в ЗФ ОАО "ГМК "Норильский никель" (С.С. Набойченко, Л.П. Ни, Я.М. Шнеерсон, Л.В. Чугаев. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов. Екатеринбург, 2002 г, с. 419-422). Недостатком известного способа является низкое извлечение цветных и драгоценных металлов в серосульфидный концентрат и невозможность в связи с этим перерабатывать по этому варианту пирротин-пентландитовые концентраты с повышенным содержанием никеля и драгоценных металлов.

Также известен способ переработки сульфидного пирротинсодержащего сырья, включающий окислительное автоклавное выщелачивание материала в виде водной пульпы с Ж:Т в пределах 2,5:3,5 при температуре выше точки плавления элементной серы в присутствии поверхностно-активного вещества с переводом цветных металлов в раствор, противоточную промывку окисленной пульпы и отдельную переработку жидкой и твердой фаз. Из раствора осаждаются цветные металлы в виде сульфидов. Твердая фаза перерабатывается флотацией с выделением сульфидов и серы в серосульфидный концентрат, а оксидов железа - в отвальные хвосты (Патент РФ №2114195). Реализация процесса в разбавленных пульпах позволяет увеличить степень разложения сульфидов цветных металлов по никелю до 94-96%, по меди до 80-85%. Кроме того, при работе с разбавленными пульпами повышается скорость диффузии кислорода к реакционной поверхности, что также приводит к увеличению производительности процесса. Недостатком данного способа является низкое извлечение драгоценных металлов в серосульфидный концентрат и невозможность в связи с этим перерабатывать по данному варианту пирротин-пентландитовые концентраты с повышенным содержанием драгоценных металлов.

Наиболее близким к предлагаемому способу, который выбран в качестве ближайшего аналога, является способ выщелачивания сульфидных концентратов (Патент US №5232491), согласно которому сульфидный концентрат подвергается ультратонкому измельчению, а затем направляется на операцию автоклавного окислительного выщелачивания при температуре ниже точки плавления серы. Окисленная пульпа направляется на противоточную промывку и отдельную переработку жидкой и твердой фаз. Из раствора осаждаются цветные металлы в виде сульфидов. Твердая фаза перерабатывается флотацией с выделением сульфидов и серы в серосульфидный концентрат, а оксидов железа в отвальные хвосты. Согласно патенту US 5232491 пентландитовый концентрат, содержащий 22% Ni, 26,2% Fe, 22% S, измельчают до крупности 100% - 15 мкм и выщелачивают в автоклаве при температуре менее 400 К (127°C) и парциальном давлении кислорода порядка 1,0 МПа. При этом в раствор за 1-2 ч извлекается более 90% никеля и не более 3% железа.

К преимуществам данного способа переработки пирротин-пентландитовых

концентратов относится:

- повышенное извлечение цветных металлов в растворы (до 95%);
- снижение расхода кислорода в связи с увеличением доли выхода элементной серы;
- существенное повышение срока службы закладных деталей аппаратов (мешалки и теплообменники) в связи со снижением параметров выщелачивания;
- возможность использования более дешевых питающих центробежных насосов в связи со снижением рабочего давления.

Недостатком данного способа является недостаточно высокое извлечение драгоценных металлов в серосульфидный концентрат.

Изобретение направлено на устранение указанного недостатка ближайшего аналога путем выбора оптимального режима выщелачивания пирротин-пентландитовых концентратов, при которой последующая флотационная переработка образующейся твердой фазы обеспечивает минимальный переход драгоценных металлов в железистые хвосты флотации (не более 5-15%).

Заявленный технический результат достигается тем, что в способе переработки сульфидных пирротин-пентландитовых концентратов, содержащем драгоценные металлы, включающем предварительное тонкое измельчение пирротин-пентландитовых концентратов до $d_{80} = 6-25$ мкм, автоклавное окислительное выщелачивание при температуре 90-105°C и парциальном давлении кислорода менее 1,0 МПа, согласно изобретению на операцию автоклавного окислительного выщелачивания подают серную кислоту и сульфат натрия.

Способ может характеризоваться тем, что исходный сульфидный пирротин-пентландитовый концентрат содержит 0,5-20% никеля.

Кроме того, способ может характеризоваться тем, что рН конечной пульпы поддерживают в интервале 0,9-1,8 путем изменения расхода серной кислоты.

Способ может характеризоваться и тем, что на операцию автоклавного окислительного выщелачивания подают сульфат натрия в количестве 100-300 кг/т исходного сульфидного пирротин-пентландитового концентрата. Расход сульфата натрия зависит от состава исходного сульфидного пирротин-пентландитового концентрата.

Способ может характеризоваться, кроме того, и тем, что на операцию автоклавного окислительного выщелачивания подают сульфат натрия, полученный из сточных растворов после осаждения цветных металлов.

Потери драгоценных металлов в процессе автоклавного окислительного выщелачивания пирротин-пентландитовых концентратов и последующей флотации твердой фазы происходят с хвостами флотации и формируются по двум возможным механизмам:

- сорбция гидратной составляющей пульпы драгоценных металлов, перешедших в процессе выщелачивания в раствор;
- пассивация неразложившегося пентландита, а также собственных минералов платины и палладия, окисными пленками.

Подача на операцию автоклавного окислительного выщелачивания пирротин-пентландитовых концентратов серной кислоты и сульфата натрия способствует образованию железогидратных осадков в форме натроярозита. В отсутствие ярозитобразующих добавок железогидратный осадок формируется, в основном, в виде аморфного гетита. Натроярозит является кристаллическим веществом с менее развитой поверхностью, чем у гетита. В связи с этим скорость сорбции драгоценных металлов из раствора на поверхности железогидратных частиц и степень пассивации

неразложившихся сульфидных минералов железогидратными частицами значительно меньше в случае образования натроярозита. Таким образом, формирование железогидратного осадка в виде ярозита в процессе выщелачивания пирротин-пентландитовых концентратов способствует снижению потерь драгоценных металлов с хвостами флотации кека выщелачивания.

В соответствии с изобретением пирротин-пентландитовый концентрат измельчается до $d_{80} - 6-25$ мкм. Водная пульпа измельченного концентрата с Ж:Т - 3:5 подается в автоклав и выщелачивается при температуре $90-105^{\circ}\text{C}$ и парциальном давлении кислорода до 1,0 МПа. На операцию окислительного выщелачивания измельченного концентрата подается серная кислота и сульфат натрия. Расходы реагентов зависят от состава исходного пирротин-пентландитового концентрата. Оптимальный рН конечной окисленной пульпы - 1,2-1,7. Окисленная в результате выщелачивания пульпа направляется на противоточную промывку, в результате чего образуются металлсодержащий раствор, направляемый на переработку, и твердая фаза, отмытая от водорастворимых соединений цветных металлов. Твердая фаза направляется на флотацию, в процессе которой образуется серосульфидный концентрат и хвосты отвального качества, в которые извлекается не более 5% цветных и не более 5-15% драгоценных металлов. После извлечения цветных металлов из полученного в процессе выщелачивания раствора образуется раствор, содержащий сульфат натрия, который может быть направлен на операцию выщелачивания.

Способ применим для выщелачивания пирротин-пентландитовых концентратов при любом содержании никеля в интервале 0,5-20%.

Способ иллюстрируется примерами, в которых в качестве исходного сырья использованы следующие пирротин-пентландитовые концентраты:

- никелевый пентландитовый концентрат (далее К1), состав (% или г/т для драгоценных металлов (ДМ) на сух. вес): никель - 8,72; медь - 4,83; железо - 45,9; сера - 33,69; платина - 3,30; палладий - 22,10; сумма ДМ - 26,86. Крупность - 65% класса - 44 мкм;

- пирротиновый концентрат (далее К2), состав (% или г/т для ДМ на сух. вес): никель - 1,29; медь - 0,203; железо - 46,2; сера - 26,9; платина - 0,67; палладий - 2,4; сумма ДМ - 4,064. Крупность - 48,1% класса - 44 мкм;

- малоникелистый пирротиновый концентрат (далее К3), состав (% или г/т для ДМ на сух. вес): никель - 0,7; медь - 0,054; железо - 46,18; сера - 28,3; платина - 0,39; палладий - 1,13; сумма ДМ - 2,204. Крупность - 53,2% класса - 44 мкм.

Пример 1. (Опыты по известному способу).

Опыты проводили в автоклаве емкостью 1 л с механическим перемешиванием. Условия выщелачивания: температура 150°C ; скорость вращения турбинной мешалки - 1500 мин^{-1} ; парциальное давление кислорода 0,5 МПа; продолжительность выщелачивания 75-120 мин. В качестве исходных пирротин-пентландитовых концентратов использованы концентраты К1, К2, К3. Ж:Т исходной водной пульпы измельченного концентрата (до выщелачивания) - 3. Расход ПВА - лигносульфоната - 25-50 кг/т.

По окончании выщелачивания из автоклава отбирали пробу для химического анализа, а оставшуюся пульпу охлаждали и автоклав разгружали. Полученную пульпу фильтровали, кек промывали на фильтре водой, а затем направляли на флотацию, целью которой было получение хвостов с минимальным содержанием цветных и драгоценных металлов. Операция флотации состояла из основной стадии и двух контрольных стадий. Расход флотореагентов был следующий, г/т твердого в питании:

бутиловый ксантогенат - 600; дизельное топливо - 600; гексиловый спирт - 250. Условия и результаты опытов приведены в таблице 1.

Пример 2. (Опыты по наиболее близкому способу). Опыты проводили в автоклаве емкостью 1 л с механическим перемешиванием. Условия выщелачивания: температура 100°C; скорость вращения турбинной мешалки - 1500 мин⁻¹; парциальное давление кислорода 0,3 МПа; продолжительность выщелачивания 90-180 мин. В качестве исходных пирротин - пентландитовых концентратов использованы концентраты К1, К2, К3. Перед выщелачиванием исходные концентраты измельчены до d80 - 10,5-12,4 мкм. Ж:Т исходной водной пульпы измельченного концентрата (до выщелачивания) - 5.

По окончании выщелачивания из автоклава отбирали пробу для химанализа, а оставшуюся пульпу охлаждали и автоклав разгружали. Полученную пульпу фильтровали, кек промывали на фильтре водой, а затем направляли на флотацию, целью которой было получение хвостов с минимальным содержанием цветных и драгоценных металлов. Операцию флотации проводили по схеме, изложенной в примере 1. Условия и результаты опытов приведены в таблице 2.

Пример 3. (Опыты по предлагаемому способу). Опыты проводили в автоклаве емкостью 1 л с механическим перемешиванием. Условия выщелачивания: температура 100°C; скорость вращения турбинной мешалки - 1500 мин⁻¹; парциальное давление кислорода 0,3 МПа; продолжительность выщелачивания 90-180 мин. В качестве исходных пирротин - пентландитовых концентратов использованы концентраты К1, К2, К3. Перед выщелачиванием исходные концентраты измельчены до d80 - 12,28-17,6 мкм. Ж:Т исходной водной пульпы измельченного концентрата (до выщелачивания) - 5. На операцию выщелачивания подавали серную кислоту в количестве 105-200 кг/т и сульфат натрия в количестве 200-230 кг/т.

По окончании выщелачивания из автоклава отбирали пробу для химанализа, а оставшуюся пульпу охлаждали и автоклав разгружали. Полученную пульпу фильтровали, кек промывали на фильтре водой, а затем направляли на флотацию, целью которой было получение хвостов с минимальным содержанием цветных и драгоценных металлов. Операцию флотации проводили по схеме, изложенной в примере 1. Условия и результаты опытов приведены в таблице 3.

Подача ярозитобразующих добавок (серная кислота и сульфат натрия) позволяет значительно снизить переход драгоценных металлов в хвосты флотации.

Пример 4. (Опыты по предлагаемому способу). Опыты проводили в автоклаве емкостью 1 л с механическим перемешиванием. Условия выщелачивания: температура 100°C; скорость вращения турбинной мешалки - 1500 мин⁻¹; парциальное давление кислорода 0,3 МПа; продолжительность выщелачивания 90 мин. В качестве исходного пирротин-пентландитового концентрата использован концентрат К2. Перед выщелачиванием исходный концентрат измельчен до d80 - 6,15-25,8 мкм. Ж:Т исходной водной пульпы измельченного концентрата (до выщелачивания) - 5. На операцию выщелачивания подавали серную кислоту в количестве 200 кг/т и сульфат натрия в количестве 225 кг/т.

По окончании выщелачивания из автоклава отбирали пробу для химанализа, а оставшуюся пульпу охлаждали и автоклав разгружали. Полученную пульпу фильтровали, кек промывали на фильтре водой, а затем направляли на флотацию, целью которой было получение хвостов с минимальным содержанием цветных и драгоценных металлов. Операцию флотации проводили по схеме, изложенной в примере

1. Условия и результаты опытов приведены в таблице 4.

Во всем исследованном диапазоне крупности измельченного пирротин-пентландитового концентрата в процессе выщелачивания и последующей флотации твердой фазы потери ДМ с хвостами флотации не превышают 5-15%. Переизмельчение исходного концентрата (d80 менее 9,5 мкм) приводит к повышению потерь драгоценных металлов с хвостами флотации и некоторому ухудшению седиментационных свойств окисленной пульпы. Повышение крупности измельченного концентрата (d80 более 20,7 мкм) также приводит к некоторому увеличению потерь драгоценных металлов с хвостами флотации.

Пример 5. (Опыты по предлагаемому способу). Опыты проводили в автоклаве емкостью 1 л с механическим перемешиванием. Условия выщелачивания: температура 90-103°C; скорость вращения турбинной мешалки - 1500 мин⁻¹; парциальное давление кислорода 0,2-0,5 МПа; продолжительность выщелачивания 90 мин. В качестве исходного пирротин-пентландитового концентрата использован концентрат К2. Перед выщелачиванием исходный концентрат измельчен до d80 - 17,6 мкм. Ж:Т исходной водной пульпы измельченного концентрата (до выщелачивания) - 5. На операцию выщелачивания подавали серную кислоту в количестве 200 кг/т и сульфат натрия в количестве 225 кг/т.

По окончании выщелачивания из автоклава отбирали пробу для химанализа, а оставшуюся пульпу охлаждали и автоклав разгружали. Полученную пульпу фильтровали, кек промывали на фильтре водой, а затем направляли на флотацию, целью которой было получение хвостов с минимальным содержанием цветных и драгоценных металлов. Операцию флотации проводили по схеме, изложенной в примере 1. Условия и результаты опытов приведены в таблице 5.

В исследованных диапазонах температуры (90-103°C) и давления кислорода (0,2-0,5 МПа) достигаются низкие значения потерь ДМ с хвостами флотации. Снижение температуры процесса ниже 95°C приводит к уменьшению степени перехода цветных металлов в раствор и некоторому повышению потерь ДМ с хвостами флотации. Повышение температуры более 105°C и парциального давления кислорода более 0,5 МПа приводит к расплавлению элементной серы и образованию серосульфидных гранул, вероятно, вследствие местного перегрева пульпы. Диапазон температур и давлений кислорода, при которых наблюдается образование серосульфидных гранул, зависит от состава исходного концентрата и Ж:Т исходной пульпы.

Пример 6. (Опыты по предлагаемому способу). Опыты проводили в автоклаве емкостью 1 л с механическим перемешиванием. Условия выщелачивания: температура 100°C; скорость вращения турбинной мешалки - 1500 мин⁻¹; парциальное давление кислорода 0,3 МПа; продолжительность выщелачивания 90 мин. В качестве исходного пирротин-пентландитового концентрата использован концентрат К2. Перед выщелачиванием исходный концентрат измельчен до d80 - 17,6 мкм. Ж:Т исходной водной пульпы измельченного концентрата (до выщелачивания) - 5. На операцию выщелачивания подавали серную кислоту в количестве 150-250 кг/т и сульфат натрия в количестве 225 кг/т.

По окончании выщелачивания из автоклава отбирали пробу для химанализа, а оставшуюся пульпу охлаждали и автоклав разгружали. Полученную пульпу фильтровали, кек промывали на фильтре водой, а затем направляли на флотацию, целью которой было получение хвостов с минимальным содержанием цветных и драгоценных металлов. Операцию флотации проводили по схеме, изложенной в примере 1. Условия и результаты опытов приведены в таблице 6.

Серная кислота, подаваемая на выщелачивание, расходуется на образование ярозита, растворение кислоторастворимых компонентов породы, поэтому ее расход зависит от состава концентрата. Минимальные потери ДМ с хвостами флотации получены при рН конечной пульпы в диапазоне 1,22-1,72.

5 Пример 7. (Опыты по предлагаемому способу). Опыты проводили в автоклаве емкостью 1 л с механическим перемешиванием. Условия выщелачивания: температура 100°C; скорость вращения турбинной мешалки - 1500 мин⁻¹; парциальное давление кислорода 0,3 МПа; продолжительность выщелачивания 90 мин. В качестве исходного пирротин-пентландитового концентрата использован концентрат К2. Перед
10 выщелачиванием исходный концентрат измельчен до d80 - 17,6 мкм. Ж:Т исходной водной пульпы измельченного концентрата (до выщелачивания) - 5. На операцию выщелачивания подавали серную кислоту в количестве 200 кг/т и сульфат натрия в количестве 125-275 кг/т.

15 По окончании выщелачивания из автоклава отбирали пробу для химанализа, а оставшуюся пульпу охлаждали и автоклав разгружали. Полученную пульпу фильтровали, кек промывали на фильтре водой, а затем направляли на флотацию, целью которой было получение хвостов с минимальным содержанием цветных и драгоценных металлов. Операцию флотации проводили по схеме, изложенной в примере 1. Условия и результаты опытов приведены в таблице 7.

20 Снижение расхода сульфата натрия менее 125 кг/т исходного концентрата приводит к некоторому увеличению потерь ДМ с хвостами флотации. Повышение расхода сульфата натрия более 225-275 кг/т исходного пирротин-пентландитового концентрата не приводит к значительному снижению потерь ДМ с хвостами флотации.

25 Сульфат натрия, подаваемый на выщелачивание, расходуется на образование ярозита, поэтому его расход зависит от содержания железа в исходном пирротин-пентландитовом концентрате.

Формула изобретения

30 1. Способ переработки сульфидных пирротин-пентландитовых концентратов, содержащих драгоценные металлы, включающий предварительное тонкое измельчение пирротин-пентландитовых концентратов до размера частиц 6-25 мкм и автоклавное окислительное выщелачивание при температуре 90-105°C и парциальном давлении кислорода менее 1,0 МПа, с получением раствора, содержащего цветные металлы, и твердой фазы, направляемой на флотацию, отличающийся тем, что автоклавное
35 окислительное выщелачивание проводят при подаче в автоклав серной кислоты и сульфата натрия с поддержанием конечного значения рН окисленной пульпы в интервале 0,9-1,8, при этом сульфат натрия подают в количестве 100-300 кг/т исходного концентрата в зависимости от его состава, а твердую фазу после выщелачивания направляют на флотацию.

40 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходный сульфидный пирротин-пентландитовый концентрат содержит 0,5-20% никеля.

3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что на выщелачивание подают сульфат натрия, полученный из сточных растворов после осаждения из раствора цветных металлов.

45