



Республика Таджикистан

(19) **TJ** (11) **279**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ  
ВЕДОМСТВО

(51) **6 C22B 11/08, 3/04, 15/00**

(12) **Описание изобретения**  
К ПАТЕНТУ

---

---

1

2

(21) 96000410

(22) 23.03.95

(31) 08/217.912

(32) 25.03.94

(33) US

(46) 13.12.2000, Бюл.№4 (20)

(86) PCT/US 95/03201, 23.03.95

(72) Флеминг Кристофер Андру (US), Грот Уолтер (US), Торп Джон Энтон (US)

(71)(73) Е.И.Дю Пон де Немурс энд Компани (US)

(56) 1. Лодейщиков В.В. и др. Техника и технология извлечения золота из руд за рубежом. М.: Металлургия, 1973, с.214-219.

2. DE 3330795, 18.04.85.

3. GB 2156794, 16.10.85.

4. US 4269808, 26.05.81. Реферативный журнал  
Металлургия №1Г345, 1991.

(54) СПОСОБ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
ИЗВЛЕЧЕНИЯ

(57) Предлагается гидрометаллургический способ переработки медных руд или концентратов, содержащих золото, с одновременным выщелачиванием как меди, так и золота цианидным раствором, выделение меди и золота в виде металлов электролизом или цементацией и регенерацией цианидных ионов.

Это изобретение относится к процессам гидрометаллургической экстракции, а конкретно, к экстракции либо одной меди, либо меди в присутствии золота из обрабатываемой руды путем выщелачивания цианидом для подготовки золота и меди или их смесей к стадии очистки полного металлургического процесса.

#### Уровень техники

Можно выделить три главные стадии, которые следуют за стадией добычи в процессе получения чистых металлов и/или минералов из породы или руды. Этими тремя стадиями полного металлургического процесса являются: обработка руды, металлургическая экстракция и очистка металла. Обработка руды сама по себе разделяется на две стадии: измельчение и обогащение. Металлургическая экстракция может быть гидрометаллургической или пирометаллургической, а очистка металла включает выплавку, электроизвлечение или электрорафинирование продукта, извлеченного на стадии металлургической экстракции.

Золотую руду с высоким содержанием цианид-растворимых медных минералов, например, таких как халкоцит ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), борнит ( $\text{FeS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{CuS}$ ), малахит [ $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ], азурит [ $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ], ковеллит ( $\text{CuS}$ ) и куприт ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), традиционно трудно перерабатывать экономично вследствие больших расходов цианида при выщелачивании, а также из-за разложения цианида во время обработки фильтрата. Высокие концентрации цианида меди в выщелачивающей жидкости могут также привести к различным металлургическим осложнениям, вне зависимости от того, регенерируется ли золото по методу Меррилла-Кроу (Merrill-Crowe) или адсорбцией на активированном угле. Следовательно, многие месторождения золота, которые подпадают под эту категорию, все еще находятся в земле, ожидая адекватной технологии для своей обработки.

В течение длительного времени многочисленные исследования в этой области проводились в основном в двух направлениях: поиски новых реагентов для перевода золота в растворимое состояние, а именно выщелачивателей, более избирательно, по сравнению с цианидом действующих на золото, чем на медь, или подавление реакции между медью и цианидом с помощью физического или химического маскирования медных минералов. Ни один из подходов не имел большого успеха. Данное изобретение предлагает эффективный и достаточно дешевый способ переработки золотосодержащих руд с высоким содержанием цианид-растворимых медных минералов, а также богатых медью руд с низким содержанием золота.

Гидрометаллургическое извлечение меди и золота ранее проводили выщелачиванием руд сначала серной кислотой, с целью растворения медных минералов с последующей нейтрализацией избытка кислоты, а затем цианированием

для выщелачивания золота. Такой подход не годится для сульфид-содержащих минералов, таких как халкоцит и борнит, выщелачиваемых цианидом, а не кислотой; он очень не экономичен вследствие большого расхода кислоты, основания или цианида; он требует длительного времени для двух стадий выщелачивания и часто становится непрактичным из-за физических изменений, происходящих в породе под действием кислоты. Необходим способ переработки медных руд или концентратов, содержащих золото, обеспечивающий одновременное выщелачивание обоих металлов, золота и меди, водным раствором цианида, выделение меди и золота в металлической форме и регенерацию ионов цианида в экономически эффективном процессе.

#### Сущность изобретения

Способ этого изобретения представляет собой процесс гидрометаллургического извлечения для переработки руд, содержащих либо только медь, либо золото и медь, состоящий из следующих стадий:

- (а) обработка указанных руд водным раствором цианида при молярном соотношении  $\text{CN}:\text{Cu} > 3.5:1$ , что обеспечивает одновременное выщелачивание как меди, так и золота и уменьшение молярного соотношения  $\text{CN}:\text{Cu}$  в “насыщенном” выщелачивающем растворе до  $\leq 4:1$ ; и
- (б) удаление и выделение меди из раствора, полученного на стадии (а).

Золото может быть выделено на различных стадиях процесса гидрометаллургического извлечения настоящего изобретения.

#### Подробное описание изобретения

Процесс гидрометаллургического выделения можно начать с общего выщелачивания, то есть с выщелачивания необработанной руды перколяцией выщелачивающих растворов через бурты или с агитационного выщелачивания, при котором процесс выщелачивания мелкораздробленной руды происходит при перемешивании или встряхивании руды с выщелачивающим раствором в реакторах. Агитационное выщелачивание может происходить в две стадии, при этом сначала идет измельчение руды, а затем выщелачивание. Или же выщелачивание может происходить на стадии измельчения.

Способ этого изобретения можно в общих чертах представить как обработку медных руд или концентратов с необязательным (факультативным) содержанием золота в гидрометаллургическом процессе с одновременным выщелачиванием меди и золота водным раствором цианида, выделение меди и золота в металлической форме и регенерацию  $\text{CN}^-$  иона. Этот способ позволяет выделять золото и медь из руд с низким содержанием этих металлов и, следовательно, избежать стадии флотации, являющейся ча-

стью традиционного процесса обработки сульфидных медных и медно-золотых руд.

Чтобы добиться высокой эффективности выщелачивания меди и золота, способ настоящего изобретения выщелачивания руд, содержащих медь и золото, раствором цианида (имеющим соотношение  $\text{CN}:\text{Cu} > 4$ ) проводится так, чтобы молярное соотношение цианида и меди ( $\text{CN}:\text{Cu}$ ) в насыщенном выщелачивающем растворе было не меньше, чем 4:1. Под насыщенным выщелачивающим раствором понимается раствор, получающийся из суспензии после общего, мокрого или агитационного выщелачивания, применяемый иногда комбинированный процесс общего и агитационного выщелачивания называют мокрым выщелачиванием).

Соотношение  $\text{CN}:\text{Cu}$  определяется как количество молей  $(\text{CN})\dot{\text{I}}$ , связанных с каждым молем  $\text{Cu}^+$  в растворе, плюс количество свободных ионов  $(\text{CN})\dot{\text{I}}$ , не связанных с ионами другого металла или водорода.

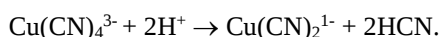
Другим аспектом настоящего изобретения является способ получения золота из насыщенного выщелачивающего раствора путем выделения золота цементацией в виде золота на металлической меди. Процесс состоит из следующих стадий:

- (a) контактирование раствора, содержащего цианиды золота и меди, в котором соотношение  $\text{CN}:\text{Cu}$  не меньше, чем 3.5:1 с медным порошком или металлической медью, электроосажденной на катоде с большой поверхностью, при этом получается продукт цементации золота на металлической меди; и
- (b) выделение золота из продукта цементации электрорафинированием или плавлением.

Поскольку вышеописанный процесс не касается отношения  $\text{CN}:\text{Cu} \geq 3.5$ , то можно прийти к следующему способу настоящего изобретения получения раствора, применяемого для выделения меди, с соотношением  $\text{CN}:\text{Cu} \leq 3:1$ , состоящим из следующих стадий:

- (a) обработка насыщенного раствора кислотой для понижения pH раствора до между 3 и 7 так, чтобы преимущественно осаждались частицы цианида меди  $\text{Cu}(\text{CN})_2\dot{\text{I}}$ , а частицы  $\text{CuCN}$  либо не осаждались совсем, либо в малой степени;
- (b) практически вся  $\text{HCN}$ , образующаяся в незначительной степени в виде газа на стадии (a), удаляется при пропускании газа через раствор, и
- (c) контактирование раствора с сильноосновной ионообменной смолой или углем для удаления  $\text{Cu}(\text{CN})_2\dot{\text{I}}$  из раствора.

Этот процесс можно представить уравнением:



Вышеописанный способ может включать дополнительную стадию обработки газового или жидкостного потока, содержащего  $\text{HCN}$ , водным раствором щелочи для генерирования цианид-иона  $(\text{CN})\dot{\text{I}}$  с целью возвращения в раствор цианида с высокой выщелачивающей эффективностью для использования в качестве выщелачивающего агента как для меди, так и для золота.

В качестве альтернативного вышеприведенному способу предлагается дополнительный способ настоящего изобретения для получения раствора, пригодного для выделения меди путем электролиза, с соотношением  $\text{CN}:\text{Cu} \leq 4:1$ , состоящий из стадий:

- (a) обработка части насыщенного выщелачивающего раствора кислотой для понижения pH раствора до 1.5-2.0;
- (b) удаление образующегося при этом осадка цианида меди ( $\text{CuCN}$ );
- (c) возможное (необязательное) удаление практически всего количества газообразного  $\text{HCN}$ , выделяющегося на стадии (a) пропусканием газа через раствор; и
- (d) объединение осадка  $\text{CuCN}$  с частью насыщенного раствора, который не подкисляли на стадии (a) и с частью католита из электролизера, который рециркулирует на катоде электролизера.

Этот процесс можно представить уравнением:



Электролитическое выделение определяется как осаждение металла на катоде из раствора металла в виде соли металла.

В альтернативном варианте  $\text{CuCN}$  объединяют с неподкисленным насыщенным раствором или рециркулирующим католитом.

Вышеописанный процесс может включать дополнительную стадию обработки тока газа, содержащего  $\text{HCN}$  или подкисленного раствора, содержащего  $\text{HCN}$  (если  $\text{HCN}$  не удаляют), водным раствором щелочи с целью получения  $\text{CN}\dot{\text{I}}$  иона для возвращения в раствор цианида с высокой эффективностью подщелачивания для последующего использования при выщелачивании как меди, так и золота.

Предпочтительным является способ настоящего изобретения получения раствора, пригодного для выделения меди, с соотношением  $\text{CN}:\text{Cu} \leq 4:1$ , содержащий стадии:

- (a) контактирование насыщенного выщелачивающего раствора (содержащего или не содержащего золото) с невыщелоченной необработанной или тонко измельченной рудой, содержащей медь, или, возможно, золото, таким образом уменьшающее соотношение  $\text{CN}:\text{Cu}$  до  $\leq 4:1$ ; и
- (b) отделение образовавшегося раствора от частично выщелоченной руды, с по-

лучением таким образом раствора, пригодного для выделения меди, и выщелоченной руды, из которой частично выщелочена медь.

Эта руда, которая получается по описанному выше способу, возвращается затем в первоначально описанный процесс, в котором руду (содержащую медь и золото) выщелачивают раствором цианида так, чтобы молярное соотношение в насыщенном выщелачивающем растворе было не меньше, чем 3.5:1.

После описанных выше стадий выщелачивания и процессов, в которых соотношение  $CN:Cu$  уменьшают до  $\leq 4:1$ , гидрометаллургические экстракционные процессы настоящего изобретения применяют к процессам выделения меди и, возможно, золота и к удалению из раствора нежелательных примесей.

Процесс прямого выделения меди электролизом из раствора, содержащего цианид меди при соотношении  $CN:Cu \leq 4:1$  (и, возможно, содержащего золото), получаемого по вышеописанным процессам настоящего изобретения, состоит из стадий:

- (a) прохождение раствора в виде электролита (католита) через камеру, содержащую катод(ы);
- (b) выделение металлической меди на поверхности катода (катодов) в электролизере, в котором анод(ы) изолирован(ы) от католита катионообменной мембраной, таким образом предотвращая анодное окисление ионов цианида; и
- (c) удаление меди с катода (катодов) соскабливанием с поверхности катодов или выплавкой.

Предпочтительной катионообменной мембраной является Nafion® перфторсульфоновокислая мембрана (регистрационная марка E.I. du Pont de Nemours and Company). Предпочтительным является способ выделения меди, характеризующийся высоким выходом по току и высокой плотностью тока (amps/m<sup>2</sup> на поверхности катода).

Вышеописанный процесс прямого выделения меди можно предпочтительно проводить таким образом, чтобы pH электролита в анодном пространстве (анолит) поддерживался  $>7$  добавлением основания или основной соли и, следовательно, предотвращалось образование  $H^+$  ионов в анодном пространстве. Таким основанием или основной солью могут быть гидроокись или карбонат натрия. Предотвращение образования  $H^+$  ионов предотвращает миграцию этих  $H^+$  ионов через мембрану и таким образом можно избежать образования HCN в католите.

Для усовершенствования вышеописанного способа выделения меди анодные камеры заполняются разбавленной минеральной кислотой, такой как серная кислота, это делает возможным образование  $H^+$  ионов на анодах и миграцию их в католит. Образовавшаяся HCN может оставаться

в растворе и превращаться в цианид ион добавлением щелочи в католит или электролитный фильтрат или удаляться из католита или электролитного фильтрата и превращаться в цианид-ион для дальнейшего использования. Образование HCN можно предотвратить, если поддерживать pH католита высоким ( $\geq 10.5$ ) во всем пространстве камеры.

Дополнительное усовершенствование вышеописанного процесса выделения меди представляет собой альтернативный процесс настоящего изобретения, в котором анодом является водородный газовый диффузионный электрод, в котором  $H_2$  образуется и расходуется в реакции на аноде, таким образом предотвращается окисление ионов цианида на анодах. При этом процессе мембраны не используются.

Другие усовершенствования вышеописанного процесса выделения меди позволяют свести до минимума окисление цианида на аноде применением незащищенных анодов и тем, что  $(SCN)I^-$  получает возможность окисляться на анодах, таким образом уменьшается окисление цианид-ионов, а применение диафрагм позволяет свести до минимума массообмен на анодах, ограничивая доступ цианида к анодам и сводя до минимума окисление цианида.

Альтернативный вышеописанному прямому способу выделения металла способ выделения меди из раствора в процессе извлечения меди является следующим способом изобретения.

Процесс выделения меди из раствора, образующегося в способе этого изобретения, содержащего цианид меди в соотношении  $CN:Cu \leq 3:1$  (возможно, содержащего золото), при котором медь концентрируется первоначально путем адсорбции на сильно- или слабоосновной анионообменной смоле, состоит из стадий:

- (a) контактирование раствора с анионообменной смолой, при котором на смоле селективно адсорбируется цианид меди при соотношении  $CN:Cu < 3:1$ , в то время как золото, если оно присутствует, адсорбируется в ограниченной степени до такого равновесного состояния (незначительное количество золота присутствует в растворе), которое не мешает адсорбции меди;
- (b) удаление смолы с адсорбированным на ней цианидом меди из частично обедненного теперь раствора, содержащего цианид меди в соотношении  $CN:Cu > 3$ ;
- (c) обработка адсорбировавшей смолы, полученной на описанной выше стадии (b), элюентом, содержащим цианид меди в соотношении  $CN:Cu$  между 3.5:1 и 4:1 и с содержанием меди, по меньшей мере, 10 грамм/литр (такая концентрация меди позволяет проводить стадию электрохимического извлечения с максимальным выходом по току), таким образом из смолы вымы-

вается до 50% содержащейся на ней меди и образуется элюат с соотношением  $CN:Cu$  менее, чем 4:1; и

- (d) электрохимическое выделение металлической меди из элюата, образовавшегося на стадии (c) (см. выше) способом выделения меди настоящего изобретения, описанным выше.

Еще один способ настоящего изобретения для выделения меди из раствора представляет собой процесс, в котором медь в растворе, содержащем цианид меди в соотношении  $CN:Cu < 3$  (возможно, содержащем золото), концентрируется первоначально адсорбцией на сильно- или слабоосновной анионообменной смоле, и состоит из стадий:

- (a) контактирование раствора с анионообменной смолой, при котором происходит селективная адсорбция цианида меди с соотношением  $CN:Cu < 3:1$  на смоле, при этом золото (если оно присутствует) адсорбируется в ограниченном количестве до равновесного уровня (незначительное количество золота присутствует в растворе), который не мешает адсорбции меди;
- (b) отделение (удаление) смолы с адсорбированным на ней цианидом меди из частично обедненного теперь раствора, содержащего цианид меди в соотношении  $CN:Cu < 3:1$ ;
- (c) обработка послесорбционной смолы, полученной выше на стадии (b) водным раствором, содержащим ионы хлора и, таким образом, удаление цианида меди со смолы;
- (d) адсорбция цианида меди из раствора, образовавшегося на стадии (c) на активированном угле; и
- (e) обработка угля, полученного после сорбции на стадии (d), элюентом, содержащим цианид меди в соотношении  $CN:Cu$  между 3.2:1 и 3.5:1 и имеющим концентрацию меди, по меньшей мере, 10 грамм/литр и, таким образом, вымывание цианида меди из угля и получение элюата с соотношением  $CN:Cu$ ,

11

меньшим, чем 3.5:1.

Усовершенствование вышеописанного способа включает сорбцию смолы раствора, содержащего цианид меди с соотношением  $CN:Cu \geq 3:1$ , с последующими стадиями:

- (a) обработка смолы после сорбции кислотой с целью получения  $HCN$  и в результате этого уменьшение соотношения  $CN:Cu$ , остающегося на смоле до примерно 2:1;
- (b) отделение раствора, содержащего  $HCN$ , от смолы;
- (c) обработка адсорбированной смолы, полученной на стадии (b), водным раствором, содержащим ионы хлора, и

удаление таким образом цианида меди из смолы;

- (d) адсорбция цианида меди из раствора, образовавшегося на стадии (c), на активированном угле; и
- (e) обработка адсорбированного угля в соответствии со стадией (e), описанной в предыдущем процессе.

Раствор  $HCN$ , полученный на стадии (b), можно обработать щелочью и регенерировать  $CN^-$  ионы для дальнейшего использования.

Еще один альтернативный способ настоящего изобретения выделения меди представляет собой процесс, аналогичный выделению меди путем предварительной концентрации на анионообменной смоле, при котором вместо анионообменной смолы используется сильно- или слабоосновный анионообменный раствор. Эти растворы содержат третичные амины или четвертичные аммониевые соединения.

Медь, полученная по способу гидрометаллургического извлечения настоящего изобретения, готова теперь для стадий элюирования и электрохимического выделения, завершающих полный металлургический процесс.

Следующий способ данного изобретения дает возможность выделить золото. Этот процесс позволяет получать золото из цианида золота, который может содержаться в растворе, получающемся в тех случаях, когда золото присутствует. Этот способ изобретения для выделения золота из цианида золота, адсорбированного на анионообменной смоле или в растворителе, образовавшемся при контакте раствора, содержащего цианид золота с анионообменной смолой или растворителем, состоит из стадий:

- (a) контактирование смолы или растворителя, содержащих адсорбированные цианиды золота и меди, с элюентом - раствором, содержащим цианид меди с соотношением  $CN:Cu$  примерно 4:1, концентрация меди в котором примерно от 20 до 40 грамм на литр, и происходящее при этом элюирование золота со смолы или из раствора; и
- (b) выделение металлического золота из элюата цементацией на медном по-

12

рошке или металлической меди, нанесенной на субстрат с высокой площадью поверхности, или электролизом.

В этом процессе соотношение  $CN:Cu \geq 4:1$  и, следовательно, медь нельзя выделить электролизом с достаточной эффективностью.

Следующий способ данного изобретения позволяет удалять нежелательные фрагменты ( $OCN^-$ ,  $SCN^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Fe(CN)_6^{4-}$ ,  $Zn(CN)_4^{2-}$ , и т.д.), удерживая золото, медь и цианид, и состоит из стадий:

- (a) контактирование распыленного потока раствора, содержащего цианиды золота и меди и различные нежелательные ионы, в котором соотношение  $CN:Cu$

279

является самым низким во всем цикле (и предпочтительно  $< 3:1$ ), с активированным углем, и происходящее при этом адсорбирование цианидов золота и меди на активированном угле;

- (b) отделение активированного угля с адсорбированными на нем цианидами золота и меди от обедненного теперь золотом, медью и цианидом выщелачивающего раствора, содержащего нежелательные ионы;

- (c) обработка активированного угля с адсорбированными на нем цианидами золота и меди водным раствором цианида при температуре не ниже  $100^{\circ}\text{C}$ ; и
- (d) рециклизация (возвращение) элюирующего раствора в стадию выщелачивания процесса.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ гидрометаллургического извлечения при переработке руд, содержащих золото и медь, заключающийся в том, что осуществляют обработку указанных руд водным раствором цианида, имеющим молярное соотношение  $\text{CN}:\text{Cu} > 4$ , обеспечивающий одновременное выщелачивание как меди, так и золота, и молярное соотношение  $\text{CN}:\text{Cu}$  в насыщенном выщелачивающем растворе не меньше  $4:1$ , проводят удаление и выделение по возможности практически всего золота из насыщенного выщелачивающего раствора, снижение соотношения  $\text{CN}:\text{Cu}$  с  $> 4$  в насыщенном выщелачивающем растворе до соотношения  $4:1$  и удаление и выделение меди из полученного раствора.

2. Способ по п.1, заключающийся в том, что руда для извлечения представляет собой руду, из которой медь частично выщелочена.

3. Способ выделения золота из насыщенного выщелачивающего раствора цементацией золота на металлической меди, заключающийся в том, что осуществляют контактирование раствора, содержащего цианид золота и цианид меди с соотношением  $\text{CN}:\text{Cu}$  не меньше  $3,5:1$ , полученного выщелачиванием руд, содержащих медь и золото, водным раствором цианида, либо с медным порошком, либо с металлической медью, выделенной электроосаждением на катоде с большой площадью поверхности, и получением таким образом продукта цементации металлического золота на металлической меди и выделением золота из продукта цементации электрографированием или плавлением.

4. Способ приготовления раствора, пригодного для выделения меди, с соотношением  $\text{CN}:\text{Cu} \leq 3:1$ , заключающийся в том, что осуществляют обработку кислотой насыщенного раствора, полученного при выщелачивании руд, содержащих медь и возможно золото, водным раствором цианида с целью снизить pH раствора от 3 до 7, так, чтобы преимущественно осаждались частицы  $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ , и лишь в малой степени или совсем не осаждались  $\text{CuCN}$ , проводят удаление по возможности практически всей газообразной  $\text{HCN}$ , образующейся при обработке кислотой насыщенного раствора пропусканием газа через раствор, и ведут контактирование раствора с сильноосновной ионообменной смолой или углем для удаления  $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$  из раствора.

5. Способ по п.4, заключающийся в том, что включает дополнительную стадию обработки тока газа, содержащего  $\text{HCN}$ , водным раствором щелочи с целью получения цианид-иона для использования в выщелачивающем растворе цианида.

6. Способ по п.4, заключающийся в том, что включает дополнительную стадию обработки раствора, содержащего  $\text{HCN}$ , из которого удален  $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ , водным раствором щелочи с целью получения цианид-иона для использования в выщелачивающем растворе цианида.

7. Способ получения раствора с соотношением  $\text{CN}:\text{Cu} \leq 4:1$ , пригодного для выделения меди электролизом, заключающийся в том, что осуществляют обработку кислотой части насыщенного выщелачивающего раствора, полученного выщелачиванием руд, содержащих медь и возможно золото, водным раствором цианида с целью снижения pH раствора до  $1,5 - 2,0$ , с удалением образующегося при этом осадка цианида меди  $\text{CuCN}$  и удалением по возможности практически всей газообразной  $\text{HCN}$  пропусканием газа через раствор и объединением осадка  $\text{CuCN}$  с той частью насыщенного раствора, который не подкислялся и/или с частью католита из электролизера, который рециркулирует к катодам.

8. Способ по п.7, заключающийся в том, что включает дополнительную стадию обработки потока газа или жидкости, содержащего  $\text{HCN}$ , водным раствором щелочи с целью получения  $\text{CN}^-$  для рециклизации в высокоэффективный выщелачивающий раствор цианида, используемый для последующего выщелачивания как меди, так и золота.

9. Способ получения раствора, пригодного для выделения меди с соотношением  $\text{CN}:\text{Cu}$  и  $4:1$ , заключающийся в том, что осуществляют контактирование насыщенного выщелачивающего раствора, полученного при выщелачивании руд, содержащих медь и возможно золото, водным цианидным раствором, с невыщелаченной необработанной или мелко раздробленной рудой, содержащей медь, так, что при этом соотношение  $\text{CN}:\text{Cu}$  снижается до  $\leq 4:1$ , и проводят отделение образующегося раствора от частично выщелоченной руды с получением при этом раствора, пригодного для выделения меди, и руды, из которой медь частично выщелочена.

10. Способ прямого выделения меди электролизом из раствора, содержащего цианид меди с соотношением  $CN:Cu \leq 4:1$ , и возможно содержащего золото, образующегося в результате выщелачивания руд, содержащих медь и возможно золото, водным цианидным раствором, заключающийся в том, что осуществляют пропускание раствора в виде католита через камеру, в которой находится катод или катоды с осаждением металлической меди на поверхности катода или катодов в электролизере, в котором анод или аноды изолированы от католита катионообменной мембраной для предотвращения анодного окисления цианид-ионов, и выделением меди с катода или катодов снятием с поверхности катода или катодов или плавлением.

11. Способ по п.10, заключающийся в том, что катионообменная мембрана представляет собой перфторсульфоновую кислотно-основную мембрану.

12. Способ по п.10, заключающийся в том, что в анодном пространстве pH поддерживают  $>7$  добавлением основания или основной соли.

13. Способ по п.10, заключающийся в том, что анод представляет собой водородный газодиффузионный электрод, на котором  $H_2$  образуется и расходуется в реакциях на аноде, что предотвращает окисление ионов  $CN^-$  на аноде.

14. Способ выделения меди из раствора, содержащего цианид в соотношении  $CN:Cu \leq 3$ , возможно содержащего золото, образующегося при выщелачивании руд, содержащих медь возможно золото, водным цианидным раствором, заключающийся в том, что осуществляют предварительное концентрирование меди путем адсорбции на анионообменной смоле путем контактирования раствора с анионо-обменной смолой, селективно адсорбирующей цианид меди при соотношении  $CN:Cu < 3:1$ , при этом золото, если оно присутствует, адсорбируется в количестве, ограниченном равновесным состоянием, которое не мешает адсорбции меди, проводят отделение смолы, содержащей адсорбированный при этом цианид меди от частично обедненного раствора, содержащего цианид меди, с соотношением  $CN:Cu > 3:1$ , ведут обработку смолы после сорбции элюентом, содержащим цианид меди в соотношении  $CN:Cu$  между 3,5:1 и 4:1 и концентрация меди в котором составляет по меньшей мере 10 г/л, с частичным элюированием цианида меди из смолы и образованием элюата с соотношением  $CN:Cu$  меньше 4:1 и осуществляют электровыделение металлической меди из полученного элюата.

15. Способ по п.14, заключающийся в том, что электрохимическое выделение меди осуществляют пропусканием элюата в качестве католита через камеру, содержащую катод или катоды осаждением металлической меди на поверхности катода или катодов в электролизере, в котором анод или аноды изолированы от католита с помощью катионообменной мембраны, что препятствует анодному окислению цианид-

ионов, и выделением меди с катода или катодов снятием или плавлением.

16. Способ по п.15, заключающийся в том, что в анодном пространстве поддерживают  $pH > 7$  добавлением основания или основной соли.

17. Способ по п.14, заключающийся в том, что электрохимическое выделение меди осуществляют пропусканием элюата в качестве католита через камеру, содержащую катод или катоды, осаждением металлической меди на поверхности катода или катодов в электролизере, в котором анод или аноды представляют собой водородный газодиффузионный электрод, и выделением меди с катода или катодов снятием или плавлением.

18. Способ выделения меди из раствора, содержащего цианид меди с соотношением  $CN:Cu \leq 3:1$  и возможно содержащего золото, образующегося при выщелачивании руд, содержащих медь и возможно золото, водным цианидным раствором, заключающийся в том, что медь предварительно концентрируют адсорбцией на анионообменной смоле путем концентрирования раствора с анионообменной смолой, при этом смола селективно адсорбирует цианид меди при соотношении  $CN:Cu < 3:1$ , тогда как золото, если присутствует, адсорбируется в количестве, ограниченном состоянием равновесия, которое не мешает адсорбции меди, проводят отделение смолы, содержащей адсорбированный цианид меди, от частично обедненного раствора, содержащего цианид меди при соотношении  $CN:Cu < 3:1$ , ведут обработку смолы после сорбции водным раствором, содержащим ионы хлора, с удалением цианида меди из смолы, осуществляют адсорбцию цианида меди их полученного раствора на активированном угле, проводят обработку угля после сорбции элюентом, содержащим цианид меди в соотношении  $CN:Cu$  между 3,2:1 и 3,5:1 и медь в количестве по крайней мере 10 г/л, элюирование при этом цианида меди с угля и образование элюата с соотношением  $CN:Cu$  меньше 3,5:1, и осуществляют электровыделение металлической меди из элюата.

19. Способ выделения меди из раствора, содержащего цианид меди с соотношением  $CN:Cu \geq 3:1$ , возможно содержащего золото, образующегося при выщелачивании руд, содержащих медь и факультативно золото, водным цианидным раствором, заключающийся в том, что медь первоначально концентрируют адсорбцией на анионообменной смоле путем контактирования раствора с анионообменной смолой, при этом селективно адсорбируется на смоле цианид меди, тогда как золото, если присутствует, адсорбируется в количестве, ограниченном равновесным состоянием, не мешающем адсорбции меди, проводят отделение смолы с адсорбированным на ней цианидом меди от частично обедненного раствора, содержащего цианид меди при соотношении  $CN:Cu < 3:1$ , осуществляют обработку смолы после сорбции кислотой с получением HCN и уменьшением при этом соотношения  $CN:$

Cu на смоле до примерно 2:1, ведут отделение раствора, содержащего HCN, от смолы, обработку смолы после сорбции водным раствором с ионами хлора с удалением цианида меди со смолы, осуществляют адсорбцию цианида меди из полученного раствора активированным углем, проводят обработку угля после сорбции элюентом, содержащим цианид меди при соотношении CN : Cu между 3,2:1 и 3,5:1 и концентрацией меди в нем по меньшей мере 10 г/л, при этом с угля элюируется цианид меди и образуется элюат с соотношением CN : Cu, меньшем 3,5:1, и осуществляют электровыделение металлической меди из элюата.

20. Способ выделения меди из раствора, содержащего цианид меди с соотношением CN : Cu  $\leq 3$ , образующегося при выщелачивании руд, содержащих медь и возможно золото, водным цианидным раствором, заключающийся в том, что медь предварительно концентрируют экстракцией анионообменным растворителем путем контактирования раствора с анионообменным растворителем, при этом селективно извлекается растворителем цианид меди в соотношении CN : Cu  $< 3:1$ , с извлечением золота, если присутствует, в количестве, ограниченном равновесным состоянием, не мешающем экстракции меди, проводят отделение раствора, содержащего извлеченный цианид меди, от раствора частично обедненного, содержащего цианид меди в соотношении CN : Cu  $> 3:1$ , ведут обработку растворителя после экстракции элюентом, содержащим цианид меди при соотношении CN : Cu между 3,5:1 и 4:1 и медь в количестве по меньшей мере 10 г/л, с элюированием таким образом цианида меди из растворителя и образованием элюата с соотношением CN : Cu меньшим 4:1 и осуществ-

ляют электровыделение металлической меди из элюата.

21. Способ выделения золота из цианида золота, адсорбированного на анионообменной смоле или из растворителя, получающегося в результате контакта между раствором, содержащим цианид золота, полученным при выщелачивании руд, содержащих медь и золото, с водным раствором цианида, и анионообменной смолой или растворителем, заключающийся в том, что проводят контактирование смолы или растворителя с адсорбированными в них цианидами золота и меди с раствором элюента, содержащим цианид меди при соотношении CN : Cu примерно 4:1, с концентрацией меди примерно 20 - 40 г/л, с элюированием таким образом цианида золота со смолы или из растворителя и осуществляют удаление (выделение) металлического золота из элюата цементацией на медном порошке или металлической меди, нанесенной на субстрат с большой поверхностью или электролизом.

22. Способ очистки от нежелательных фрагментов (ионов) во время гидрометаллургического процесса извлечения золота и меди из руд, заключающийся в том, что осуществляют контакт раствора, содержащего цианид золота, цианид меди и нежелательные фрагменты, образующиеся во время гидрометаллургического процесса, на стадии указанного процесса, когда соотношение CN : Cu  $< 3,1$ , с активированным углем, селективно адсорбирующим при этом цианиды золота и меди, и проводят отделение активированного угля с адсорбированными на нем цианидами золота и меди от обедненного золотом, медью и цианидами раствора, содержащего нежелательные примеси.