

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202292647 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.01.20

(51) Int. Cl. C22B 11/00 (2006.01)
C22B 15/00 (2006.01)
C22B 3/20 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.04.15

(54) ОКИСЛЕНИЕ СУЛЬФИДОВ ПРИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МИНЕРАЛОВ

(31) 2020901219; 2020901336

(72) Изобретатель:

(32) 2020.04.17; 2020.04.28

Войгт Пол (AU)

(33) AU

(74) Представитель:

(86) PCT/AU2021/050335

Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)

(87) WO 2021/207792 2021.10.21

(71) Заявитель:

ГЛЕНКОР ТЕКНОЛОДЖИ ПТИ
ЛИМИТЕД (AU)

(57) Способ выщелачивания минералов, содержащих сульфиды металлов и один или более драгоценных металлов или соединений драгоценных металлов, включающий стадии первой стадии выщелачивания минералов в окислительных условиях при pH менее 4 с образованием суспензии или пульпы, содержащей твердую фазу, включающую непрореагировавшие компоненты, твердые продукты реакции и элементарную серу, и проведения второй стадии выщелачивания суспензии или пульпы или твердого остатка с первой стадии выщелачивания, включающей окислительное выщелачивание при pH по меньшей мере 9,0 с образованием тиосульфата, при этом тиосульфат выщелачивает драгоценный металл из твердого остатка.



A1

202292647

202292647

A1

Окисление сульфидов при выщелачивании минералов

Область техники

Настоящее изобретение относится к способу выщелачивания минералов.

Уровень техники

Способ Альбион (Albion Process™) представляет собой способ атмосферного выщелачивания, разработанный Mount Isa Mines, теперь Glencore Technology, в 1994 году. Способ Альбион можно осуществлять в трех рабочих режимах, а именно, в кислом (рН около 1,0), нейтральном (рН около 5,0) и щелочном (рН около 9,0). Условия кислотного выщелачивания по способу Альбион (КВА) обычно используют для обработки сульфида железа и концентратов цветных металлов, как описано в WO 96/29439. Нейтральное выщелачивание по способу Альбион (НВА) и щелочное выщелачивание по способу Альбион (ЩВА) обычно используют для обработки концентратов недргоценных металлов, таких как концентраты сульфида железа и железно-мышьякового сульфида, как описано в WO 00/17407. Целью способа Альбион является окисление сульфидов, позволяющее высвободить металлы для последующего восстановления. Способ Альбион состоит из двух основных стадий. Первой является механическое высвобождение посредством операции тонкого измельчения, которое лучше всего достигается в установке горизонтального измельчения IsaMill™. Второй является окисление тонкоизмельченного сырья при атмосферном давлении со сверхзвуковой подачей кислорода и применением специально разработанных реакторов окислительного выщелачивания для максимального использования кислорода и эффективности процесса.

В системе КВА могут подавать концентраты, содержащие как неблагородные, так и драгоценные металлы. В этом случае некоторые неблагородные металлы растворяют по способу Альбион™ и выщелачивают в раствор, в то время как драгоценные металлы, такие как золото, серебро, платина, палладий и другие известные драгоценные металлы, остаются в твердой фазе. Как только неблагородные металлы поступают в раствор, жидкая и твердая фазы могут быть разделены хорошо известными способами, при этом поток раствора направляется на последующее извлечение металлов.

После осуществления способа КВА и после удаления около 99% неблагородных металлов из сырьевого материала обедненный остаток содержит драгоценные металлы наряду с другими компонентами, включая элементарную серу, оксиды железа (гетит), комплексы сульфата железа, такие как ярозит, нерастворимые соли, такие как сульфат

Заменяющий лист

свинца, нерастворимая или непрореагировавшая пустая порода и любые непрореагировавшие сульфиды, такие как пирит. Обычно суспензию направляют в процесс извлечения драгоценных металлов. Существующие способы извлечения драгоценных металлов из твердого сырья представляют собой совокупность способов цианирования, обычно используемых в золотодобывающей промышленности для извлечения золота из легкообогащаемых руд. Этот способ включает контакт суспензии с цианидом натрия при повышенном pH (выше 10,0) в мягких окислительных условиях для выщелачивания золота и других драгоценных металлов в раствор. Золото извлекают из раствора путем контакта раствора с адсорбентом, таким как активированный уголь или ионообменная смола. В случае с углем, уголь может быть получен на месте в процессе цианирования (уголь-в-выщелачивании) или золотосодержащий раствор может контактировать с углем в отдельном резервуаре для контактирования (уголь-в-пульпе).

В системе КВА проблемы обработки могут возникнуть при отправке остатка выщелачивания непосредственно на цианирование. Одной из проблем является то, что элементарная сера, присутствующая в остатке, имеет тенденцию потреблять цианид, образуя тиоцианаты в дополнение к выщелачиванию драгоценных металлов, что приводит к повышенному потреблению цианида и, следовательно, эксплуатационным расходам. Образование тиоцианатов представляет собой экологическую проблему, потому что после образования тиоцианатов их трудно разрушить в обычных системах удаления токсичных соединений. Другая проблема заключается в том, что в условиях выщелачивания по способу Альбион драгоценные металлы могут быть заблокированы в продуктах реакции, таких как комплексы железа, что приводит к плохому извлечению при последующем цианировании.

Чтобы избежать проблемы с элементарной серой в процессе цианирования, ее можно удалить с помощью ряда способов после или во время образования, но до цианирования. Проблема заключается в том, что эти способы не всегда являются исключительно селективными в отношении элементарной серы, а это означает, что значительная часть драгоценных металлов может попасть в поток элементарной серы, а не остаться в остатке, подвергаемом цианированию.

Следует четко понимать, что если здесь делается ссылка на публикацию предшествующего уровня техники, эта ссылка не является признанием того, что публикация является частью общеизвестных знаний в данной области техники в Австралии или в любой другой стране.

Краткое описание изобретения

Настоящее изобретение направлено на способ выщелачивания минералов, который может, по меньшей мере частично, устранить по меньшей мере один из вышеуказанных недостатков или предоставить потребителю полезный или имеющий промышленное значение выбор.

С учетом вышеизложенного, настоящее изобретение в одной форме в широком смысле относится к способу выщелачивания минералов, содержащих сульфиды металлов и один или более драгоценных металлов или соединений драгоценных металлов, причем способ включает стадии: выщелачивания минералов в окислительных условиях при рН менее 4 с образованием суспензии или пульпы, содержащей твердую фазу, включающей непрореагировавшие компоненты, твердые продукты реакции и элементарную серу, и проведения окислительного выщелачивания суспензии или пульпы при рН по меньшей мере 9,0 с образованием тиосульфата, при этом тиосульфат выщелачивает драгоценный металл из твердого остатка.

Во втором аспекте настоящее изобретение обеспечивает способ выщелачивания минералов, содержащих сульфиды металлов и один или более драгоценных металлов или соединений драгоценных металлов, причем способ включает стадии: выщелачивания минералов в окислительных условиях при рН менее 4 с образованием обогащенного раствора выщелачивания, содержащего растворенный металл и твердый остаток, включающий непрореагировавшие компоненты, твердые продукты реакции и элементарную серу; отделения твердого остатка от обогащенного раствора выщелачивания и проведения окислительного выщелачивания твердого остатка при рН по меньшей мере 9,0 с образованием тиосульфата, при этом тиосульфат выщелачивает драгоценный металл из твердого остатка.

В одном воплощении способ дополнительно включает отделение раствора выщелачивания со стадии окислительного выщелачивания при рН по меньшей мере 9,0 и извлечение драгоценных металлов из раствора выщелачивания.

В настоящем изобретении минералы подвергают первой стадии выщелачивания, проводимой в окислительных условиях при рН менее 4, или при рН менее 3, или при рН менее 2,0, и твердый остаток первой стадии выщелачивания подвергают второй стадии выщелачивания в окислительных условиях и в щелочных условиях, обычно при рН более 9,0. Элементарная сера образуется на первой стадии выщелачивания, и элементарная сера отделяется от обогащенного раствора выщелачивания вместе с твердым остатком. На

второй стадии выщелачивания элементарная сера реагирует с кислородом при щелочном рН с образованием тиосульфата на месте. Тиосульфат является известным выщелачивающим агентом для драгоценных металлов, особенно золота. В результате драгоценные металлы выщелачиваются в раствор на второй стадии выщелачивания и могут быть извлечены из раствора выщелачивания, образующегося на второй стадии выщелачивания.

В другом воплощении суспензию, образовавшуюся на первой стадии выщелачивания, направляют на вторую стадию выщелачивания без необходимости разделения твердой и жидкой фаз. Возможную стадию промежуточной нейтрализации, которую можно выполнять с использованием недорогого нейтрализующего агента/щелочи, можно использовать для повышения рН суспензии или пульпы перед подачей суспензии или пульпы на вторую стадию выщелачивания.

В одном воплощении раствор выщелачивания со второй стадии выщелачивания отделяют от твердых веществ и извлекают из него растворенные драгоценные металлы. Растворенные драгоценные металлы могут быть извлечены любыми известными способами, такими как поглощение активированным углем, осаждение или цементация. Специалист в данной области техники легко поймет, как работают эти процессы, и дополнительное описание этих процессов для извлечения драгоценных металлов из раствора выщелачивания со второй стадии выщелачивания не требуется.

Преимущественно непрореагировавшие сульфиды, которые присутствуют в твердом остатке, подаваемом на вторую стадию выщелачивания, такие как пирит, также окисляются на второй стадии выщелачивания. Кроме того, повышенный рН и окислительные условия также способствуют разложению любых твердых продуктов реакции, образовавшихся на первой стадии выщелачивания, проводимой в окислительных условиях и кислых условиях, что делает такие продукты реакции поддающимися выщелачиванию тиосульфатом. В результате драгоценные металлы выщелачиваются в раствор на второй стадии выщелачивания и могут быть извлечены из раствора выщелачивания. В качестве дополнительного преимущества окисления при высоком значении рН, происходящего на второй стадии выщелачивания, присутствующая элементарная сера разлагается, а это означает, что если твердый остаток после второй стадии выщелачивания направить на стадию цианирования, чтобы дополнить действие тиосульфата, образование стойких и проблемных тиоцианатов сводится к минимуму. На

второй стадии выщелачивания элементарная сера расходуется, а это означает, что она не создает проблем для образования кислоты в хвостохранилище.

Первую стадию выщелачивания, которую проводят в окислительных условиях и в кислых условиях, можно осуществлять как описано в публикации международной патентной заявки WO 96/29439 (эквивалентно US 5993635), полное содержание которой включено в настоящий документ в виде перекрестной ссылки. Краткое описание этих условий рассмотрено ниже.

Первую стадию выщелачивания проводят при pH менее 4, или при pH менее 3, или при pH менее 2,0, или при pH менее 1,5, или при pH 1,0 или менее. Для получения требуемого pH на первой стадии выщелачивания можно использовать серную кислоту, хотя также можно использовать и другие кислоты.

В некоторых воплощениях настоящего изобретения минералы, подаваемые на первую стадию выщелачивания, тонко измельчают. В некоторых воплощениях минералы, подаваемые на первую стадию выщелачивания, измельчают таким образом, чтобы они имели размер частиц P_{80} 20 мкм или менее.

Минералы, которые обрабатывают в соответствии с настоящим изобретением, могут включать сульфидную минеральную композицию. Такие композиции включают руды и концентраты. Способ по настоящему изобретению особенно подходит для обработки концентратов. Примеры подходящих материалов включают халькопирит, борнит, энаргит, пирит, ковеллит, сфалерит, халькоцит, пентландит, кобальтит, пирротин или смеси любых двух или более из них. Металлы, которые можно извлекать из минеральных композиций в соответствии со способом по первому воплощению, включают медь, цинк, никель и кобальт. Качество концентрата может варьироваться от очень низкого, например, с материалами, содержащими 7-8 масс.% меди, до концентратов высокого качества, содержащих примерно 26 масс.% меди.

Сульфидная минеральная композиция обычно содержит железо в форме сульфидов железа. В условиях, преобладающих на первой стадии выщелачивания, по меньшей мере часть сульфидов железа растворяется в растворе. Ионы двухвалентного железа окисляются до ионов трехвалентного железа, и ионы трехвалентного железа принимают участие по меньшей мере в некоторых реакциях выщелачивания. Любые ионы двухвалентного железа, которые образуются в результате участия ионов трехвалентного железа в реакциях выщелачивания, повторно окисляются до ионов трехвалентного железа.

Способ по настоящему изобретению может включать стадию осаждения железа из обогащенного раствора выщелачивания, полученного на первой стадии выщелачивания. Например, железо можно осаждать посредством увеличения рН для осаждения нерастворимого соединения железа.

В одном воплощении сульфидные минералы, которые подают на первую стадию выщелачивания, подвергают тонкому измельчению в мельнице, такой как мельница с мешалкой. Сульфидный минерал можно измельчать до максимального среднего размера частиц, составляющего 80% с размером частиц 20 микрон, измеренного лазерным классификатором. В настоящем описании и формуле изобретения термин P_{80} используется для описания размера, при котором проходит 80% массы материала. Предпочтительно размер частиц P_{80} составляет 12 микрон или менее. Требуемый размер частиц может варьироваться в зависимости от типа используемого минерального сырья. Особенно предпочтительными размерами частиц для различных концентратов, выраженными как P_{80} , являются: халькопирит/борнит - 12 микрон; энаргит - 10 мкм; пирит - 10 мкм; ковеллит - 18 мкм; халькозин - 18 мкм; пентландит - 12 мкм и кобальтит - 12 мкм.

В большинстве воплощений настоящего изобретения первую стадию выщелачивания проводят при атмосферном давлении и температуре вплоть до температуры кипения смеси. Температура, при которой проводят первую стадию выщелачивания, предпочтительно составляет менее 100°C.

В одном воплощении условий окислительного выщелачивания достигают на первой стадии выщелачивания путем барботажа кислородсодержащим газом. Газ может представлять собой воздух, или кислород, или воздух, обогащенный кислородом.

Смесь твердого остатка и обогащенного раствора выщелачивания с первой стадии выщелачивания можно разделять с использованием любого известного способа разделения твердой и жидкой фаз, включая фильтрацию, седиментацию, осветление и т.п. Твердый остаток можно промывать промывочной водой для удаления из него остаточного раствора выщелачивания.

Затем твердый остаток обрабатывают на второй стадии выщелачивания. На второй стадии выщелачивания происходит окислительное выщелачивание при рН по меньшей мере 9,0. В воплощениях твердый остаток после разделения твердой и жидкой фаз и промывки повторно суспендируют в технологической воде, а рН повышают до значения выше 9,0, используя любую известную щелочь. Могут подойти известь или гидроксид натрия, хотя можно использовать и другие щелочи/основания. При необходимости остаток

можно повторно измельчить перед второй стадией выщелачивания, например, после процесса повторного суспендирования, если это улучшает извлечение драгоценных металлов. В суспензию вводят кислород и, в присутствии элементарной серы, он образует тиосульфат на месте. Непрореагировавшие сульфиды, такие как пирит, медленно выщелачиваются в способе кислотного выщелачивания Альбион (КВА) (который является первой стадией выщелачивания), также окисляются. Тиосульфат является известным выщелачивающим агентом для драгоценных металлов, особенно золота. Повышенный pH и окислительные условия также способствуют разложению продуктов реакции способа Альбион, образующихся на первой стадии выщелачивания, и делают их пригодными для выщелачивания тиосульфатом. В результате драгоценные металлы выщелачиваются в раствор и могут быть извлечены любыми известными способами, такими как адсорбция на активированном угле, осаждение или цементация. При необходимости суспензию или твердый остаток со второй стадии выщелачивания можно направить на процесс цианирования, чтобы усилить действие тиосульфата. Преимущество окисления при высоком pH заключается в том, что элементарная сера разлагается, а это означает, что если остаток направить на цианирование, образование стойкого и проблемного тиоцианата сводится к минимуму. Элементарная сера расходуется в остатках выщелачивания, что означает, что она не создает проблем для образования кислоты в хвостохранилище.

В одном воплощении раствор выщелачивания, содержащий растворенный драгоценный металл, отделяют от твердого остатка со второй стадии выщелачивания, и из этого раствора выщелачивания извлекают драгоценный металл. Твердый остаток можно подвергнуть дальнейшей обработке для извлечения из него драгоценного металла. Дальнейшая обработка для извлечения драгоценного металла из твердого остатка может включать обработку цианированием.

В третьем аспекте настоящее изобретение обеспечивает способ выщелачивания минералов, содержащих сульфиды металлов и один или более драгоценных металлов или соединений драгоценных металлов, причем способ включает стадии: первую стадию выщелачивания минералов в окислительных условиях при pH менее 4 для образования суспензии или пульпы, включающей твердую фазу, содержащую непрореагировавшие компоненты, твердые продукты реакции и элементарную серу, и проведение второй стадии выщелачивания, которой подвергают суспензию или пульпу или твердый остаток от первой стадии выщелачивания, включающей окислительное выщелачивание при pH по меньшей

мере 9,0, с образованием тиосульфата, при этом тиосульфат выщелачивает драгоценный металл из твердого остатка.

В данном описании термин «драгоценный металл» включает золото и/или серебро.

Любой из описанных здесь признаков может объединять в любом сочетании с любым одним или более другими описанными здесь признаками в пределах объема настоящего изобретения.

Ссылка на какой-либо документ известного уровня техники в этом описании не является и не должна восприниматься как подтверждение или любая форма предположения о том, что этот документ является частью общеизвестных знаний.

Краткое описание чертежей

Различные воплощения изобретения описаны со ссылкой на приведенные ниже чертежи, где:

на фиг. 1 показана технологическая схема способа в соответствии с одним воплощением настоящего изобретения;

на фиг. 2 показана технологическая схема способа в соответствии с другим воплощением настоящего изобретения, и

на фиг. 3 показана технологическая схема третьего воплощения настоящего изобретения.

Описание воплощений

Следует понимать, что чертежи предоставлены с целью иллюстрации предпочтительных воплощений настоящего изобретения. Следовательно, специалист в данной области поймет, что настоящее изобретение не следует рассматривать как ограниченное исключительно признаками, показанными на чертежах.

Как показано на фиг. 1, первая стадия 1 выщелачивания способа включает подачу сульфидного материала на кислотное выщелачивание Альбион, как описано в WO 96/29439. После окисления сульфидов и извлечения растворимых металлов в раствор железо удаляют из раствора на стадии 2 регулирования содержания железа. Удаления железа можно достичь с использованием способов, известных специалистам в данной области техники. Например, можно добавлять известняк, чтобы вызвать осаждение нерастворимых соединений железа. Некоторое количество гипса также может образовываться на стадии 2 регулирования содержания железа. На стадии 2 регулирования

содержания железа также можно удалять мышьяк, как известно специалистам в данной области техники, чтобы таким образом устранить или минимизировать количество мышьяка, поступающего на вторую стадию выщелачивания, которая включает стадию окисления с повышенным рН.

После удаления железа проводят стадию разделения для отделения твердых веществ от жидкости. На этой стадии жидкость содержит растворенные ценные металлы, такие как медь, цинк, никель и кобальт. Специалисты в данной области техники могут использовать любой общепринятый способ разделения твердой и жидкой фаз, включая сгущение и фильтрацию или схему противоточной декантации (ПД) (Стадия 3). Разделение твердой и жидкой фаз является важным, поскольку растворенные металлы осаждаются на следующей стадии при повышенном рН, теряются в хвостах и потенциально потребляют цианид на стадии извлечения драгоценных металлов.

Следует отметить, что стадию удаления железа можно частично выполнять до и после разделения твердой и жидкой фаз остатка выщелачивания способа Альбион или полностью после разделения твердой и жидкой фаз остатка выщелачивания способа Альбион. Вариант технологической схемы, в котором удаление железа происходит после разделения твердой и жидкой фаз остатка выщелачивания способа Альбион, показан на фиг. 2.

Твердые частицы остатка выщелачивания, теперь отделенные и промытые от раствора выщелачивания способа, содержащего большую часть растворенных металлов, повторно суспендируют в технологической воде до примерно 30% твердых веществ и подают в контур ЦВА, который включает от одного до шести реакторов окислительного выщелачивания (Стадия 4). Плотность суспензии можно оптимизировать, чтобы обеспечить правильную концентрацию тиосульфата в растворе.

рН повышают по меньшей мере до рН 9,0, но более предпочтительно до рН 10,0 с помощью любой известной щелочи, при этом щелочь на основе кальция обычно является наиболее экономичной. Например, на второй стадии 4 выщелачивания добавляют известь для повышения рН по меньшей мере до 9,0.

Кислород подают в основание реакторов ЦВА, более предпочтительно посредством сверхзвукового газового инжектора HyperSparge™, для максимального использования кислорода. Введение кислорода и повышенный рН выполняют ряд функций в контуре ЦВА.

Первая функция заключается в окислении любых медленно выщелачиваемых сульфидов, таких как пирит, содержащих драгоценные металлы.

Вторая заключается в окислении элементарной серы с образованием тиосульфата, который, в свою очередь, выщелачивает драгоценные металлы из остатка выщелачивания.

Третья функция заключается в разложении комплексов железа, таких как ярозиты, образованных в качестве продуктов реакции способа Альбион, которые блокируют выщелачивание тиосульфатом или последующее цианирование драгоценных металлов.

Четвертая заключается в разложении тугоплавких соединений, таких как теллуриды, которые блокируют выщелачивание тиосульфатом или последующее цианирование драгоценных металлов.

Время пребывания в процессе обычно составляет от 6 до 48 часов в зависимости от количества элементарной серы, образующейся в способе Альбион, и кинетики выщелачивания драгоценных металлов в присутствии тиосульфата. Линия выщелачивания ЩВА может включать один или более реакторов окислительного выщелачивания.

Процесс протекает в автотермическом режиме с теплотой реакций, определяющей рабочую температуру. Внешнего охлаждения или обогрева не требуется.

Как только драгоценные металлы растворяются в растворе, их можно направлять для извлечения из раствора такими способами, как адсорбция на угле, осаждение известными осаждающими агентами или адсорбция на ионообменной смоле.

Кроме того, способ ЩВА можно проводить в присутствии адсорбентов аналогично способу «уголь-в-выщелачивании». Это означает, что активированный уголь или ионообменная смола также присутствуют в контуре ЩВА для адсорбции драгоценных металлов по мере их растворения. Затем специалисты в данной области техники извлекают драгоценные металлы из адсорбентов.

Если образования тиосульфата в результате реакции с элементарной серой недостаточно для полного выщелачивания драгоценных металлов, то могут быть созданы условия, при которых образуется больше тиосульфата, или его добавляют из внешнего источника. В качестве альтернативы суспензию можно направлять в цикл цианирования для максимального извлечения драгоценных металлов.

В воплощениях настоящего изобретения отделенный и промытый твердый остаток после способа кислотного окислительного выщелачивания суспендируют в технологической воде в реакторе выщелачивания способа Альбион, и рН повышают по меньшей мере до 9,0 с помощью щелочи. Плотность твердых частиц регулируют в процессе

повторного суспендирования и путем добавления дополнительного количества воды, чтобы обеспечить концентрацию тиосульфата, достаточную для выщелачивания драгоценных металлов. Кислород вводят в основание реактора с помощью сверхзвукового кислородного инжектора. Медленно выщелачиваемые сульфиды окисляются, что приводит к высвобождению драгоценных металлов для выщелачивания на месте и последующего выщелачивания и извлечения. Тиосульфат образуется на месте при окислении элементарной серы и выщелачивают драгоценные металлы из остатка выщелачивания. Драгоценные металлы, заблокированные в продуктах реакции способа Альбион, высвобождаются для выщелачивания на месте и последующего выщелачивания и извлечения. Драгоценные металлы, заблокированные в соединениях, которые остаются стойкими на первой стадии выщелачивания, высвобождаются для выщелачивания на месте и последующего выщелачивания и извлечения. Полученную систему можно восполнять тиосульфат путем создания условий для его образования на месте или его дополнительного добавления из внешнего источника тиосульфата или цианида, или направлять на процесс цианирования. Процесс может проводить в присутствии адсорбента, такого как активированный уголь или ионообменная смола, для адсорбции драгоценных металлов, выщелоченных в раствор полученным в результате окисления элементарной серы тиосульфатом, добавленным извне тиосульфатом или с цианидом. Драгоценные металлы можно извлекать из адсорбентов способами, известными специалистам в данной области техники.

На фиг. 3 показана технологическая схема другого воплощения настоящего изобретения. В технологической схеме на фиг. 3 суспензию на первой стадии 1 выщелачивания не разделяют на отдельные твердую и жидкую фракции (как это происходит в технологических схемах на фиг. 1 и 2). Вместо этого суспензию с первой стадии 1 выщелачивания направляют на вторую стадию 3 выщелачивания без разделения на твердую и жидкую фазы. Перед подачей суспензии на вторую стадию 3 выщелачивания ее можно подвергать промежуточной стадии 2 нейтрализации, на которой рН суспензии повышают с помощью недорогого нейтрализующего агента или щелочи, такой как известняк. Это может снизить затраты на щелочь в технологической схеме, показанной на фиг. 3.

В настоящем описании и формуле изобретения (любых ее пунктов) слово «содержащий» и его производные, включая «содержит» и «содержать», включают каждый

из указанных элементов, но не исключают включения одного или более дополнительных элементов.

Ссылка в данном описании на «одно воплощение» или «воплощение» означает, что конкретный признак, конструкция или характеристика, описанные в связи с воплощением, включены, по меньшей мере, в одно воплощение настоящего изобретения. Таким образом, появление фраз «в одном воплощении» или «в воплощении» в различных местах данного описания не обязательно относится к одному и тому же воплощению. Кроме того, конкретные признаки, конструкции или характеристики могут быть объединены любым подходящим образом в одном или более сочетаниях.

В соответствии с законодательством изобретение описано языком, более или менее специфичным для структурных или методических признаков. Следует понимать, что изобретение не ограничено показанными или описанными конкретными признаками, поскольку описанные здесь средства включают предпочтительные формы реализации изобретения. Таким образом, изобретение заявлено в любой из его форм или модификаций в пределах надлежащего объема формулы изобретения (любых ее пунктов) и должным образом интерпретировано специалистами в данной области техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ выщелачивания минералов, содержащих сульфиды металлов и один или более драгоценных металлов или соединений драгоценных металлов, включающий стадии выщелачивания минералов в окислительных условиях при рН менее 4 с образованием суспензии или пульпы, содержащей твердую фазу, включающую непрореагировавшие компоненты, твердые продукты реакции и элементарную серу, и проведения окислительного выщелачивания суспензии или пульпы при рН по меньшей мере 9,0 с образованием тиосульфата, при этом тиосульфат выщелачивает драгоценный металл из твердого остатка.

2. Способ выщелачивания минералов, содержащих сульфиды металлов и один или более драгоценных металлов или соединений драгоценных металлов, включающий стадии выщелачивания минералов в окислительных условиях при рН менее 4 с образованием обогащенного раствора выщелачивания, содержащего растворенный металл и твердый остаток, включающий непрореагировавшие компоненты, твердые продукты реакции и элементарную серу, отделения твердого остатка от обогащенного раствора выщелачивания и проведения окислительного выщелачивания твердого остатка при рН по меньшей мере 9,0 с образованием тиосульфата, при этом тиосульфат выщелачивает драгоценный металл из твердого остатка.

3. Способ по п.1 или п.2, дополнительно включающий отделение раствора выщелачивания со стадии окислительного выщелачивания при рН по меньшей мере 9,0 и извлечение драгоценных металлов из раствора выщелачивания.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором минералы подвергают первой стадии выщелачивания, проводимой в окислительных условиях при рН менее 4, или при рН менее 3, или при рН менее 2,0, и твердый остаток с первой стадии выщелачивания подвергают второй стадии выщелачивания в окислительных условиях и в щелочных условиях при рН более 9,0.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором на первой стадии выщелачивания образуется элементарная сера, и элементарная сера отделяется от обогащенного раствора выщелачивания с твердым остатком, а на второй стадии выщелачивания элементарная сера реагирует с кислородом при щелочном рН с

образованием тиосульфата на месте, и драгоценные металлы выщелачиваются в раствор на второй стадии выщелачивания и могут быть извлечены из раствора выщелачивания, образующегося на второй стадии выщелачивания.

6. Способ по п.1 или пп.3-5, если они зависят от п.1, в котором суспензию, образовавшуюся на первой стадии выщелачивания, направляют на вторую стадию выщелачивания без необходимости разделения твердой и жидкой фаз.

7. Способ по п.6, в котором для повышения рН суспензии или пульпы используют промежуточную стадию нейтрализации перед подачей суспензии или пульпы на вторую стадию выщелачивания.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором раствор выщелачивания со второй стадии выщелачивания отделяют от твердых веществ и извлекают из него растворенные драгоценные металлы.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором непрореагировавшие сульфиды, присутствующие в твердом остатке, подаваемом на вторую стадию выщелачивания, также окисляются на второй стадии выщелачивания, и разложение твердых продуктов реакции, образовавшихся на первой стадии выщелачивания, также происходит на второй стадии выщелачивания, посредством чего драгоценные металлы выщелачиваются в раствор на второй стадии выщелачивания и могут быть извлечены из раствора выщелачивания, а присутствующая элементарная сера разлагается.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором первую стадию выщелачивания проводят при рН менее 4, или при рН менее 3, или при рН менее 2,0, или при рН менее чем 1,5, или при рН 1,0 или меньше.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором минералы, которые подают на первую стадию выщелачивания, тонко измельчают.

12. Способ по п.11, в котором минералы, подаваемые на первую стадию выщелачивания, измельчают так, что они имеют P_{80} 20 мкм или менее.

13. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором минералы включают сульфидную минеральную композицию, руду или концентрат.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором минералы выбирают из одного или более из халькопирита, борнита, энаргита, пирита, ковеллита, сфалерита, халькоцита, пентландита, кобальтита, пирротина или смесей любых двух или более из них.

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором сульфидные минералы, подаваемые на первую стадию выщелачивания, подвергают тонкому измельчению в мельнице и размалывают до максимального среднего размера частиц 80% с прохождением размера 20 микрон, измеренного лазерным классификатором, или размалывают до гранулометрического состава, имеющего R_{80} 12 микрон или менее.

16. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором первую стадию выщелачивания проводят при атмосферном давлении и температуре вплоть до температуры кипения смеси.

17. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором условий окислительного выщелачивания достигают на первой стадии выщелачивания путем барботажа кислородсодержащего газа.

18. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором смесь твердого остатка и обогащенного раствора выщелачивания с первой стадии выщелачивания разделяют с использованием известного способа разделения жидкой и твердой фаз, выбираемого из фильтрации, осаждения, осветления, и твердый остаток при необходимости промывают промывочной водой для удаления из нее любых остатков раствора выщелачивания.

19. Способ по п.18, в котором твердый остаток обрабатывают на второй стадии выщелачивания, на которой происходит окислительное выщелачивание при рН по меньшей мере 9,0, и непрореагировавшие сульфиды, которые медленно выщелачиваются на первой стадии выщелачивания, также окисляются, а элементарная сера образует тиосульфат для выщелачивания драгоценных металлов в раствор.

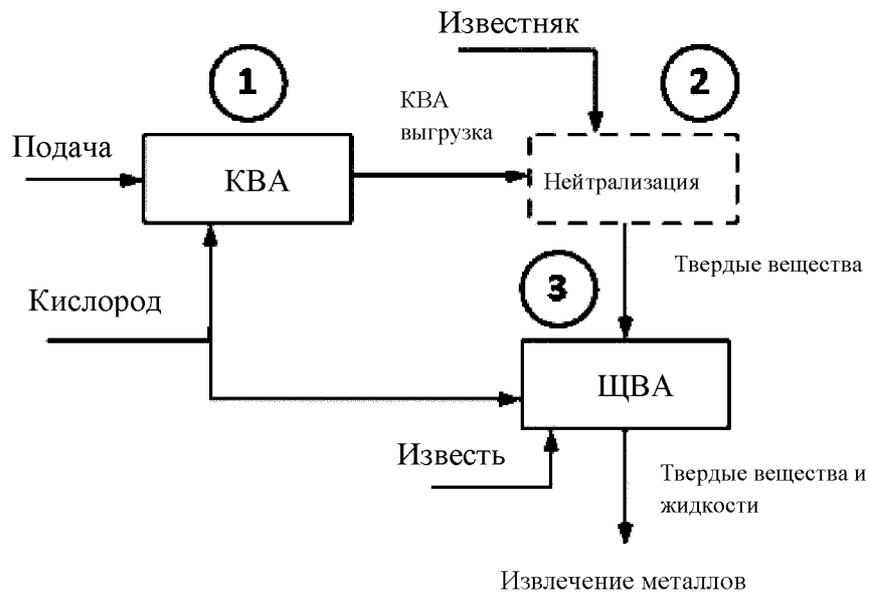
20. Способ по п. 19, в котором суспензию или твердый остаток со второй стадии выщелачивания направляют в процесс цианирования.

21. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором раствор выщелачивания, содержащий растворенный драгоценный металл, отделяют от твердого остатка со второй стадии выщелачивания и извлекают из него драгоценный металл.

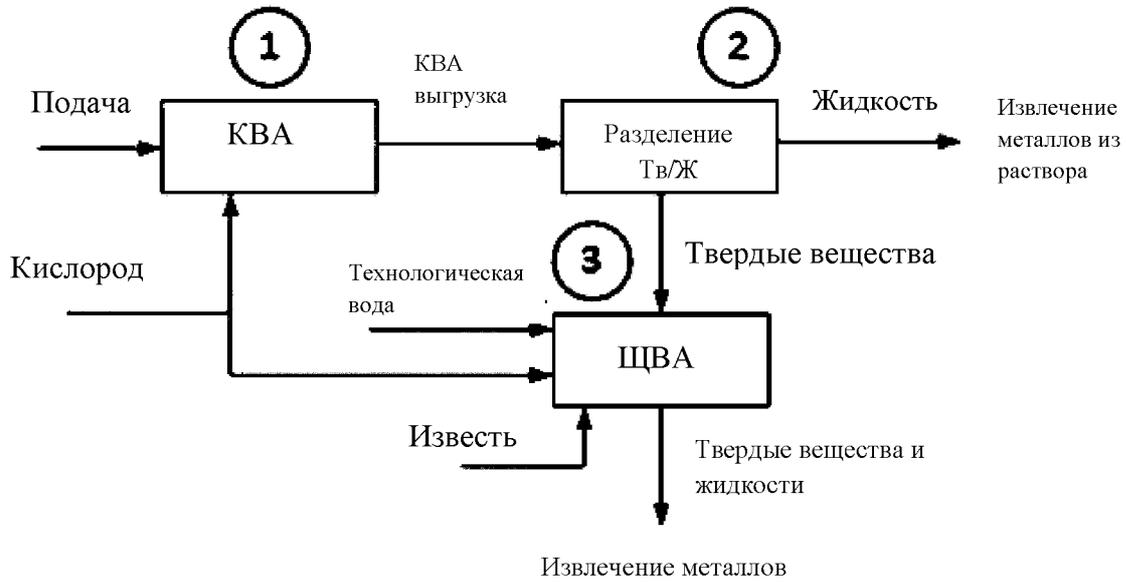
Окисление сульфидов при выщелачивании минералов
1/2



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3