

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202291313 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2022.10.07

(51) Int. Cl. *C06B 45/30* (2006.01)  
*C10L 1/28* (2006.01)  
*C01B 33/027* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2020.10.26

(54) СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОТЛОЖЕНИЙ,  
СОДЕРЖАЩИХ  $\text{CaSO}_4$  И  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , В АВТОКЛАВЕ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ  
И/ИЛИ ПРИЛЕГАЮЩИХ КОНТУРАХ

(31) 16/666,616

(32) 2019.10.29

(33) US

(86) PCT/US2020/057290

(87) WO 2021/086770 2021.05.06

(71) Заявитель:  
СОЛЕНИС ТЕКНОЛОДЖИЗ  
КЕЙМЭН, Л.П. (KY)

(72) Изобретатель:

Бакеев Кирилл Н., Димайо Эндрю М.  
(US)

(74) Представитель:

Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,  
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов  
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,  
Кузнецова Т.В. (RU)

(57) В изобретении описано уменьшение количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления металлсодержащей руды под давлением. Металлсодержащую руду объединяют с водой с получением водной суспензии, которую нагревают и загружают в автоклав. Способ включает получение ингибитора образования отложений, который не содержит органический полимер и содержит неорганический фосфат формулы (I),  $(\text{XPO}_3)_m$ , в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6, неорганический фосфат формулы (II),  $\text{Y}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ , в которой Y обозначает Na, K, H и n равно не менее примерно 6, органический фосфонат; или их комбинации. Способ включает стадию объединения ингибитора образования отложений и по меньшей мере одного из следующих: металлсодержащая руда, вода и водная суспензия, для уменьшения количества образующихся отложений.

A1

202291313

202291313

A1

СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОТЛОЖЕНИЙ,  
СОДЕРЖАЩИХ  $\text{CaSO}_4$  И  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , В АВТОКЛАВЕ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ ПОД  
5 ДАВЛЕНИЕМ И/ИЛИ ПРИЛЕГАЮЩИХ КОНТУРАХ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение в целом относится к системам и способам,  
предназначенным для уменьшения количества образующихся отложений,  
10 содержащих  $\text{CaSO}_4$  и/или  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением во  
время окисления металлсодержащей руды под давлением и, точнее, оно  
относится к системам и способам, в которых для уменьшения количества  
образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и/или  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , применяют  
ингибитор образования отложений.

15 УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В широком смысле гидрометаллургия является отраслью металлургии,  
относящейся к исследованиям и методикам извлечения металлов из содержащих  
их руд с использованием процедур, включающих обработку растворов в воде.  
Для получения необходимого продукта обработку руд разных типов и других  
20 материалов можно проводить в разных средах. Хотя окисление  
золотосодержащих руд и концентратов под давлением не обеспечивает  
непосредственное извлечение золота в строгом смысле приведенного выше  
определения, оно обеспечивает возможность извлечения золота и, таким  
образом, является частью гидрометаллургии.

25 При проведении гидрометаллургических процедур для извлечения металлов  
из руд или вторичного сырья используют три основные методики: (1)  
растворение соединения и/или металла, содержащегося в руде или концентрате,  
в выщелачивающем растворе; (2) очистка и/или обогащение выщелачивающего  
раствора, и (3) последующее извлечение ценных материалов из очищенного  
30 раствора. Помимо трех основных методик в гидрометаллургии используют такие  
процедуры, как, например, стадии предварительной обработки. Их используют в  
таком случае, как окисление огнеупорных золотосодержащих руд под  
давлением.

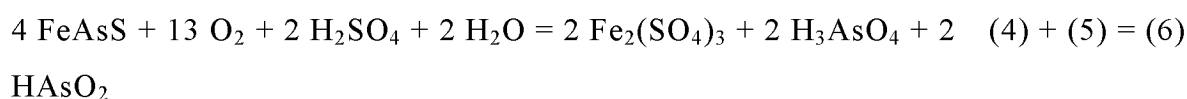
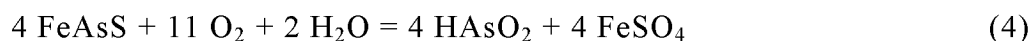
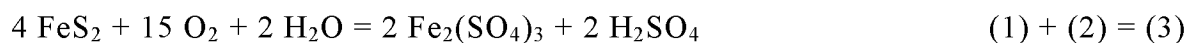
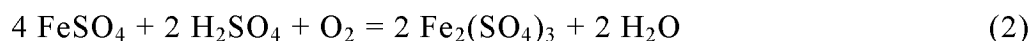
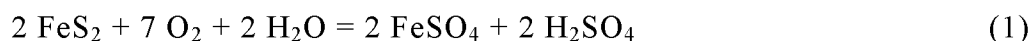
В золотодобывающей промышленности термин "окисление по давлению" является синонимом термина "автоклавная гидрометаллургия". Окисление под давлением означает окисление сульфидов, таких как пирит [FeS<sub>2</sub>] и марказит [FeS<sub>2</sub>], при повышенных температуре и давлении. При окислении из сульфидов высвобождаются капсулированные крупинки золота и это делает остаток, полученный при окислении, руды или концентрата, более податливым для извлечения золота путем цианирования на последующей стадии выщелачивания. Поэтому окисление золотосодержащих руд под давлением является предварительной обработкой, проводимой перед стадией выщелачивания для увеличения количества извлекаемого золота.

При окислении под давлением золотосодержащую руду в водном растворе нагревают в закрытых сосудах, при этом вместо газообразного диоксида серы образуются сульфаты. В золотодобывающей промышленности окисление цельных руд под давлением можно провести по методике с использованием щелочи и кислоты, и наиболее часто используемой является методика окисления сульфидсодержащего концентрата под давлением с использованием кислоты. В этих методиках суспензии руды, поступающие из контура размола, перекачивают в несколько последовательно расположенных бассейнов-сгустителей и затем обычно в несколько последовательно расположенных резервуаров для подкисления. До попадания суспензий в автоклав для окисления под давлением к ним обычно добавляют серную кислоту для разрушения достаточного количества карбоната. В резервуары для подкисления также обычно вводят технологический воздух для обеспечения удаления диоксида углерода. Затем суспензии, выходящие из резервуаров для подкисления, до их загрузки в автоклав для окисления под давлением обычно пропускают через несколько последовательно расположенных сосудов-подогревателей смешивающего типа. Суспензии обычно предварительно нагревают, когда они проходят через сосуды-подогреватели. Суспензии обычно поступают в сосуды-подогреватели сверху и ниспадают каскадом на внутренние перегородки, тогда как выделяющийся пар обычно поступает в нижнюю секцию сосуда и поднимается вверх, вступая в соприкосновение с суспензиями для непосредственного переноса тепла. Затем выгружаемый из этих сосудов продукт обычно перекачивают в автоклав для окисления под давлением. Затем суспензии

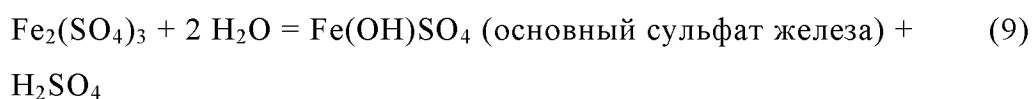
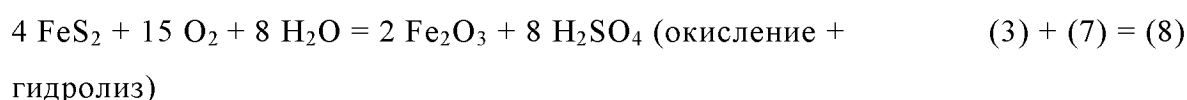
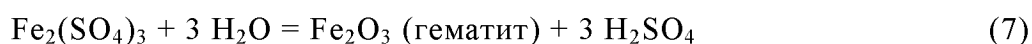
обычно выгружают из автоклава и пропускают через несколько последовательно расположенных сосудов для понижения давления, называемых испарительными сосудами. Давление и температуру постепенно понижают до атмосферного давления и температуры окружающей среды. Задачей процедуры окисления под давлением/автоклавной обработки является разрушения сульфидов, таких как пирит, марказит или арсенопирит, и, таким образом, высвобождение окклюдированного золота. Затем золото поддается извлечению по методике цианирования.

Некоторые реакции окисления и гидролиза, которые протекают во время проведения способа, приведены ниже:

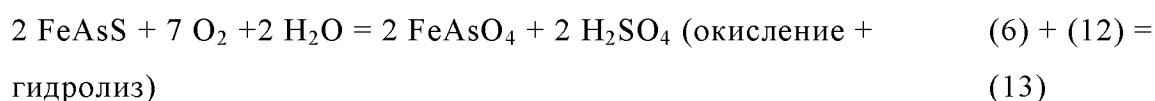
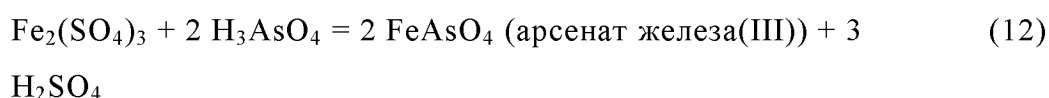
#### Реакции окисления



#### Реакции гидролиза



(M = Ag<sup>+</sup>, NH<sup>4+</sup>, K<sup>+</sup>, 1/2Pb<sup>2+</sup>)



В ходе этих реакций сульфиды Fe/As, содержащиеся в золотосодержащей руде, высвобождаются и окисляются с образованием сульфатов. Во время окисления реакцию часто останавливают с использованием технологической воды, которая содержит  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Технологическая вода, содержащая известь, также содержится в суспензии, загружаемой в реактор. Использование этой комбинации реагентов приводит к получению нежелательных отложений  $\text{CaSO}_4$ , которые осаждаются на оборудовании. Кроме того, в ходе процедуры автоклавного окисления под давлением также образуются нежелательный  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и другие содержащие Fe отложения, и они также накапливаются на оборудовании. Это накопление делает необходимым периодическую остановку работы и очистку оборудования, это приводит к задержке производства и увеличению затрат.

Соответственно, необходимо разработать системы и способы, предназначенные для уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и/или  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением во время окисления золотосодержащей руды под давлением. Кроме того, другие необходимые особенности и характеристики станут понятны из последующего краткого изложения сущности изобретения и подробного описания изобретения, и прилагаемой формулы изобретения, рассмотренными вместе с прилагаемыми чертежами и приведенными выше описаниями области техники, к которой относится изобретение, и уровня техники.

#### КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к способу уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и/или  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления металлсодержащей руды под давлением, в котором металлсодержащую руду объединяют с водой с получением водной суспензии, которую нагревают и загружают в автоклав для окисления под давлением.

Способ включает стадию получения ингибитора образования отложений, который не содержит органический полимер и содержит: неорганический фосфат формулы (I),  $(\text{XPO}_3)_m$  (I), в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6,

неорганический фосфат формулы (II),  $Y_{n+2}P_nO_{3n+1}$  (II), в которой Y обозначает Na, K, H, и n равно не менее примерно 6, органический фосфонат (III); или их комбинации.

5 Способ также включает стадию объединения ингибитора образования отложений и по меньшей мере одного из следующих: металлсодержащая руда, вода и водная суспензия, для уменьшения количества образующихся отложений в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах.

10 Настоящее изобретение также относится к композиции, предназначенной для уменьшения количества отложений, содержащих  $CaSO_4$  и  $Fe_2O_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления металлсодержащей руды под давлением. Композиция включает водную суспензию, содержащую металлсодержащую руду и воду, и указанный выше ингибитор образования отложений.

15 Настоящее изобретение также относится к системе, предназначенной для уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $CaSO_4$  и  $Fe_2O_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления металлсодержащей руды под давлением. Система включает подложку, содержащую поверхность, находящуюся в соприкосновении по меньшей мере с одним из следующих: металлсодержащая руда и/или водная суспензия,  
20 содержащая металлсодержащую руду и воду, и указанный выше ингибитор образования отложений, при этом ингибитор образования отложений обеспечивает уменьшение количества образующихся отложений, содержащих  $CaSO_4$  и  $Fe_2O_3$ , на поверхности по сравнению с количеством образующихся отложений в системе, не содержащей ингибитор образования отложений.

## 25 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Приведенное ниже подробное описание по существу является лишь иллюстративным и не предназначено для ограничения систем и способов, описанных в настоящем изобретении. Кроме того, не следует ограничиваться никакими теоретическими соображениями, приведенными в предшествующем описании уровня техники или последующем подробном описании.  
30

Настоящее изобретение относится к способу уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $CaSO_4$  и  $Fe_2O_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления

металлсодержащей руды под давлением, в котором металлсодержащую руду объединяют с водой с получением водной суспензии, которую нагревают и загружают в автоклав для окисления под давлением. В различных вариантах осуществления метал выбран из числа следующих: золото, никель и их комбинации. Так, например, металлом может являться золото. Альтернативно, металлом может являться никель. Кроме того, металлом может являться любой известный в данной области техники, как включающий сульфид.

5

Соответственно, металлсодержащей рудой может являться золотосодержащая руда. Альтернативно, металлсодержащей рудой может являться

10

никельсодержащая руда. Альтернативно, металлсодержащей рудой может являться содержащая любой сульфид металла руда. В альтернативных вариантах осуществления подразумевается, что способ можно распространить на применение для уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих

15

контурах во время окисления содержащей сульфид никеля или сульфид другого металла руды под давлением, где содержащую сульфид никеля или сульфид другого металла руду объединяют с водой с получением водной суспензии, которую нагревают и загружают в автоклав для окисления под давлением.

Специалист в данной области техники может выбрать другую

20

металлсодержащую руду, исходя из таких металлсодержащих руд, для которых известно, что их используют в автоклавах для окисления под давлением. Кроме того, подразумевается, что способ можно распространить на применение для уменьшения количества содержащих Fe отложений, которые содержат один или большее количество указанных выше продуктов реакций, например, продуктов,

25

полученных при реакциях гидролиза, описанных выше во введении. Кроме того, подразумевается, что в различных неограничивающих вариантах осуществления в любом случае, когда в настоящем изобретении описана "золотосодержащая" руда, она может быть альтернативно описана, как "никельсодержащая", или она может представлять собой содержащую любой включающий сульфид металл.

30

Так, например, в сульфидсодержащей руде может быть использован любой металл. В различных вариантах осуществления он может включать цинк, медь и их комбинации. Однако настоящее изобретение не ограничено такими металлами.

Отложение может быть альтернативно описано, как осадок, например, осадок, содержащий  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Отложения или осадки могут включать сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) и его кристаллографические формы, включая дигидрат сульфата кальция или гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), полугидрат сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) и ангидрит сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4$ ). Однако следует понимать, что количество отложений, образующихся из других соединений, также может быть уменьшено с помощью ингибитора образования отложений. Компоненты отложений могут также включать  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{OFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  и другие обладающие ограниченной растворимостью содержащие Fe соли/оксиды, образовавшиеся в результате кислотного разложения руды.

Ингибитор образования отложений может быть альтернативно описан, как ингибитор образования осадка, например, ингибитор образования осадка, содержащего  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Способ включает стадию получения ингибитора образования отложений, который не содержит органический полимер и содержит неорганический фосфат формулы (I),  $(\text{XPO}_3)_m$  (I), в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6, неорганический фосфат формулы (II),  $\text{Y}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$  (II), в которой Y обозначает Na, K, H, и n равно не менее примерно 6, органический фосфонат (III) или их комбинацию. Способ также включает стадию объединения ингибитора образования отложений и по меньшей мере одного из следующих: золотосодержащая руда, вода и водная суспензия, для уменьшения количества образующихся отложений в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах. Так, например, воду можно дополнительно определить, как воду, охлаждающую автоклав, и/или технологическую воду, входящую в состав суспензии, загружаемой в автоклав.

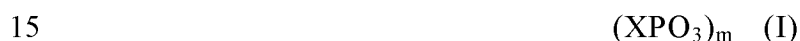
Ингибитор образования отложений не содержит органический полимер. Термин "органический полимер" означает полимер, который не является органическим фосфонатом (III). Органический полимер обычно представляет собой или включает любой один или большее количество органических полимеров, которые известны специалистам в данной области техники, как используемые для уменьшения количества образующихся отложений. Так, например, органический полимер может быть описан, как представляющий собой полимеризованные малеаты, полиакрилаты, полиолефины, полистиролы и



полимеры или сополимеры алкенов, алкинов и т. п. Альтернативно, органические полимеры могут включать полимеры, полученные из органических мономеров с использованием радикального инициатора. В одном варианте осуществления органическим полимером является сополимер стиролсульфоната (СС) с малеиновой кислотой (МК). Термин "не содержащий" может описывать 5 содержащиеся количества, равные меньше 5, 4, 3, 2, 1, 0,5, 0,1, 0,05, или 0,01, мас.% в пересчете на полную массу ингибитора образования отложений. Альтернативно, ингибитор образования отложений может совсем не содержать органический полимер. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах 10 осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

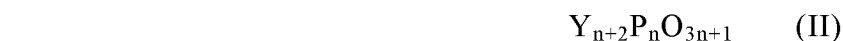
Ингибитор образования отложений может представлять собой, включать:

(1) неорганический фосфат формулы (I),



в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6,

(2) неорганический фосфат формулы (II),



в которой Y обозначает Na, K, H или их комбинации, и n равно не менее примерно 6, или

(3) органический фосфонат (III); или

их комбинацию,

в основном состоять из них или состоять из них.

25 Другими словами, ингибитор образования отложений может представлять собой, включать (I) или (II), или (III), или (I) и (II), или (I) и (III), или (II) и (III), или (I), (II) и (III), в основном состоять из них или состоять из них.

Альтернативно, ингибитор образования отложений может представлять собой, включать (I) и любое одно или большее количество дополнительных 30 соединений, описанных ниже, (II) и любое одно или большее количество дополнительных соединений, описанных ниже, (I) и (II), и любое одно или большее количество дополнительных соединений, описанных ниже, (I) и (III), и любое одно или большее количество дополнительных соединений, описанных

ниже, (II) и (III), и любое одно или большее количество дополнительных соединений, описанных ниже, или (I), (II) и (III), и любое одно или большее количество дополнительных соединений, описанных ниже, в основном состоять из них или состоять из них. Кроме того, ингибитор образования отложений может не включать или включать менее примерно 5, 4, 3, 2, 1, 0,5, 0,1, 0,05 или 0,01, мас.% (I), (II) или (III), или любого одного или большего количества дополнительных соединений, описанных ниже, при условии, что используют по меньшей мере один из следующих: (I), (II) или (III).

Ингибитор образования отложений может включать (I), (II) и/или (III), и/или любое одно или большее количество дополнительных соединений, описанных ниже, при любом массовом отношении. Так, например, неограничивающими примерами массовых отношений (I):(II):(III) (и необязательно любого одного или большего количества дополнительных соединений, описанных ниже) могут являться:

примерно [(от 0 до 100); (от 5 до 95); (от 10 до 90); (от 15 до 85); (от 20 до 80); (от 25 до 75); (от 30 до 70); (от 35 до 65); (от 40 до 60); (от 45 до 55) или (от 50 до 55)] (I) :

примерно [(от 0 до 100); (от 5 до 95); (от 10 до 90); (от 15 до 85); (от 20 до 80); (от 25 до 75); (от 30 до 70); (от 35 до 65); (от 40 до 60); (от 45 до 55) или (от 50 до 55)] (II) :

примерно [(от 0 до 100); (от 5 до 95); (от 10 до 90); (от 15 до 85); (от 20 до 80); (от 25 до 75); (от 30 до 70); (от 35 до 65); (от 40 до 60); (от 45 до 55) или (от 50 до 55)] (III) :

примерно [(от 0 до 100); (от 5 до 95); (от 10 до 90); (от 15 до 85); (от 20 до 80); (от 25 до 75); (от 30 до 70); (от 35 до 65); (от 40 до 60); (от 45 до 55) или (от 50 до 55)] любого одного или большего количества дополнительных соединений, описанных ниже. Также подразумевается, что любое одно или большее количество указанных выше значений или диапазонов значений массовых отношений могут быть альтернативно указаны в виде выраженного в мас.% значения или диапазона значений. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

### Неорганический фосфат (I)

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает (1) неорганической фосфат формулы (I), в основном состоит из него или состоит из него,



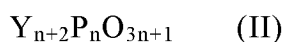
в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6.

В некоторых вариантах осуществления X обозначает Na. В формуле (I) m может обладать значением, равным не менее примерно 7, альтернативно, не менее примерно 8, альтернативно, не менее примерно 9, альтернативно, не менее примерно 10, альтернативно, не менее примерно 11 или, альтернативно, не менее примерно 12. В формуле (I) m может обладать значением, равным от примерно 6 до примерно 30, альтернативно, от примерно 6 до примерно 20 или, альтернативно, от примерно 6 до примерно 10. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

Неограничивающие примеры подходящих неорганических фосфатов формулы (I) включают гексаметафосфат натрия  $(NaPO_3)_6$ , гептаметафосфат натрия  $(NaPO_3)_7$ , октаметафосфат натрия  $(NaPO_3)_8$ , нонаметафосфат натрия  $(NaPO_3)_9$  и декаметафосфат натрия  $(NaPO_3)_{10}$ . В некоторых вариантах осуществления неорганический фосфат формулы (I) представляет собой, включает гексаметафосфат натрия  $(NaPO_3)_6$  ("ГМФН"), где в формуле (I) m равно примерно 6, в основном состоит из него или состоит из него. В данной области техники ГМФН обычно может называться "обладающим обычной длиной цепи" ГМФН. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

### Неорганический фосфат (II)

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает (2) неорганической фосфат формулы (II), в основном состоит из него или состоит из него,



5 в которой Y обозначает Na, K, H или их комбинации, и n равно не менее примерно 6.

В некоторых вариантах осуществления Y обозначает Na. В формуле (II) n может обладать значением, равным не менее примерно 7, альтернативно, не менее примерно 8, альтернативно, не менее примерно 9, альтернативно, не менее  
10 примерно 10, альтернативно, не менее примерно 11, альтернативно, не менее примерно 12 или альтернативно, не менее примерно 21. В формуле (II) n может обладать значением, равным от примерно 6 до примерно 30, альтернативно, от примерно 8 до примерно 30 или альтернативно, от примерно 10 до примерно 30. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все  
15 значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

Неограничивающие примеры подходящих неорганических фосфатов формулы (II) включают поли(фосфаты), такие как гексафосфат натрия  
20  $(Na_8P_6O_{19})$ , гептафосфат натрия  $(Na_9P_7O_{22})$ , октафосфат натрия  $(Na_{10}P_8O_{25})$ , нонафосфат натрия  $(Na_{11}P_9O_{28})$ , декафосфат натрия  $(Na_{12}P_{10}O_{31})$ , гендекафосфат натрия  $(Na_{13}P_{11}O_{34})$  и додекафосфат натрия  $(Na_{14}P_{12}O_{37})$ , и геникозафосфат натрия  $(Na_{23}P_{21}O_{64})$ . В некоторых вариантах осуществления неорганический фосфат формулы (II) представляет собой, включает додекафосфат натрия, где в  
25 формуле (II) n равно примерно 12, в основном состоит из него или состоит из него. В различных вариантах осуществления неорганический фосфат формулы (II) представляет собой, включает поли(фосфаты), такие как геникозафосфат натрия, где в формуле (II) n равно примерно 21, в основном состоит из него или состоит из него. В данной области техники додекафосфат натрия или  
30 геникозафосфат натрия обычно могут называться "обладающим длинной цепью" ГМФН. Следует понимать, что обычное использование термина "обладающий длинной цепью" ГМФН в отношении додекафосфата натрия или геникозафосфата натрия не означает точную химическую структуру

додекафосфата натрия или геникозафосфата натрия и может означать любой "обладающий длинной цепью" ГМФН, обладающий длиной цепи, равной не менее примерно 12. Примеры подходящего "обладающего длинной цепью" ГМФН включают "обладающий длинной цепью" ГМФН, обладающий средней 5 длиной цепи, равной примерно 13, и среднечисловой молекулярной массой, равной 1390, и "обладающий длинной цепью" ГМФН, обладающий средней длиной цепи, равной примерно 21, и среднечисловой молекулярной массой, равной 2200. Кроме того, следует понимать, что длина цепи неорганического фосфата может означать среднюю длину цепи и, таким образом, может не 10 отображать все соединения, включенные в обозначение. Так, например, тогда как додекафосфат натрия ( $\text{Na}_{14}\text{P}_{12}\text{O}_{37}$ ) обладает длиной цепи, равной примерно 12, композиция, представленная додекафосфатом натрия ( $\text{Na}_{14}\text{P}_{12}\text{O}_{37}$ ), может включать другие неорганические фосфаты, которые не обладают длиной цепи, равной примерно 12, при условии, что средняя длина цепи композиции равна 15 примерно 12. Ингибитор образования отложений также может содержать и неорганический фосфат формулы (I), и неорганический фосфат формулы (II). Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для 20 применения в настоящем изобретении.

В различных вариантах осуществления увеличение длины цепи неорганических фосфатов формулы (I) и формулы (II) (т. е. увеличение значения  $m$  и  $n$ ) обеспечивает увеличение сродства связывания неорганических фосфатов с сульфатом кальция и содержащими Fe осадками/отложениями, уменьшая 25 таким образом количество образующихся отложений. В отличие от этого, неорганические фосфаты, обладающие длиной цепи, равной менее примерно 6 (т. е. значение  $m$  и  $n$  равно менее примерно 6), обеспечивают менее значительное уменьшение количества образующихся отложений при их использовании в качестве ингибитора образования отложений при отсутствии неорганических 30 фосфатов формулы (I) и формулы (II). Неорганические фосфаты, обладающие длиной цепи, равной не менее примерно 6, являются подходящими для связывания с отложениями микрокристаллов, ингибируя таким образом образование и осаждение отложений, описанное в настоящем изобретении. Если

не ограничиваться теоретическими соображениями, то можно предположить, что неорганические фосфаты, содержащие не менее примерно 6 повторяющихся звеньев, являются эффективными благодаря гетерогенной природе неорганических фосфатов.

5 Органический фосфонат (III)

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений дополнительно представляет собой, включает (3) органический фосфонат (III), в основном состоит из него или состоит из него. Органический фосфонат может включать 2-фосфонобутан-1,2,4-трикарбоновую кислоту ("ФБТКК"), 1-  
10 гидроксизтан-1,1-дифосфоновою кислоту ("ГЭДФК"),  
[бис(фосфонометил)амино]метилфосфорную кислоту ("АТМФК"),  
бис(гексаметиленотриаминпента(метиленфосфоновою кислоту)) ("БГМТПМФК"),  
гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновою кислоту) ("ГМДТМФК"),  
диэтилотриаминпента(метиленфосфоновою кислоту) ("ДЭТПМФК") или их  
15 комбинации.

В некоторых вариантах осуществления органический фосфонат представляет собой, включает 1-гидроксизтан-1,1-дифосфоновою кислоту ("ГЭДФК"), бис(гексаметиленотриаминпента(метиленфосфоновою кислоту)) ("БГМТПМФК"), гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновою кислоту)  
20 ("ГМДТМФК"), диэтилотриаминпента(метиленфосфоновою кислоту) ("ДЭТПМФК") или их комбинации, в основном состоит из них или состоит из них.

В одном варианте осуществления органический фосфонат представляет собой, включает 1-гидроксизтан-1,1-дифосфоновою кислоту ("ГЭДФК"), в  
25 основном состоит из нее или состоит из нее.

В другом варианте осуществления органический фосфонат представляет собой, включает бис(гексаметиленотриаминпента(метиленфосфоновою кислоту)) ("БГМТПМФК"), в основном состоит из нее или состоит из нее.

В одном варианте осуществления органический фосфонат представляет собой, включает гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновою кислоту) ("ГМДТМФК"), в основном состоит из нее или состоит из нее.  
30

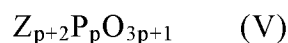
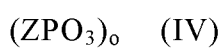
В другом варианте осуществления органический фосфонат представляет собой, включает диэтилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту) ("ДЭТПМФК"), в основном состоит из нее или состоит из нее.

5 В другом варианте осуществления органический фосфонат представляет собой, включает комбинации указанных выше соединений, в основном состоит из них или состоит из них.

Дополнительные варианты осуществления

В одном варианте осуществления неорганический фосфат формулы (I) включает гексаметафосфат натрия, где в формуле (I)  $m$  равно примерно 6. В 10 другом варианте осуществления неорганический фосфат формулы (II) включает поли(фосфат) натрия, где в формуле (II)  $n$  равно примерно 21.

Ингибитор образования отложений может содержать или не содержать дополнительный неорганический фосфат формулы (IV), дополнительный неорганический фосфат формулы (V) или их комбинации. В вариантах 15 осуществления ингибитор образования отложений дополнительно содержит или не содержит дополнительный неорганический фосфат формул (IV) или (V),



20 в которых  $Z$  обозначает Na, K, H или их комбинации,  $o$  и  $p$  все независимо равны не более 4.

В одном варианте осуществления ингибитор образования отложений дополнительно содержит: дополнительный неорганический фосфат формулы (IV),  $(ZPO_3)_o$  (IV), в которой  $Z$  обозначает Na, K, H или их комбинации, и  $o$  равно не более 4; дополнительный неорганический фосфат формулы (V),  $Z_{p+2}P_pO_{3p+1}$  25 (V), в которой  $Z$  обозначает Na, K, H или их комбинации, и  $p$  равно не более 4, или их комбинации.

В формуле (IV)  $o$  может обладать значением, равным 3 или 4. В формуле (V)  $p$  может обладать значением, равным от 2 до 4. В некоторых вариантах осуществления дополнительный неорганический фосфат представляет собой, 30 включает тетранатрийпирофосфат ( $Na_4P_2O_7$ ) ("ТНПФ"), трифосфат натрия ( $Na_5P_3O_{10}$ ) ("ТФФН"), триметафосфат натрия ( $NaPO_3$ )<sub>3</sub> ("ТМФН"), или их комбинации, в основном состоит из них или состоит из них. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и

диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

Использование ингибитора образования отложений, содержащего комбинацию неорганического фосфата формул (I) и/или (II), и/или (III) органического фосфоната, и дополнительного неорганического фосфата формул (IV) и/или (V), может обеспечить улучшенное уменьшение количества образующихся отложений по сравнению со случаем использования ингибитора образования отложений, содержащего только один их указанных выше компонентов. Неограничивающие примеры подходящих ингибиторов образования отложений включают геникозафосфат натрия и ДЭТПМФК; геникозафосфат натрия и БГМТПМФК; геникозафосфат натрия и ГМДТМФК; геникозафосфат натрия и ТНПФ; и геникозафосфат натрия и ГЭДФК. Ингибитор образования отложений может содержать комбинацию [неорганический фосфат формул (I) и/или (II), и/или (III) органический фосфонат] и [дополнительный неорганический фосфат формул (IV) и/или (V)] при массовом отношении, составляющем примерно от 1:99 до 99:1, альтернативно, примерно от 15:85 до 85:15, альтернативно, примерно от 10:90 до 90:10 или, альтернативно, примерно от 20:80 до 80:20. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

В одном варианте осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает БГМТПМФК, бис(гексаметиленстриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)), в основном состоит из нее или состоит из нее.

В другом варианте осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает ДЭТПМФК, диэтилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту), в основном состоит из нее или состоит из нее.

В другом варианте осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает АТМФК, аминотриметиленфосфоновую кислоту, в основном состоит из нее или состоит из нее.



В другом варианте осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает ГМФН, гексаметафосфат натрия, в основном состоит из него или состоит из него.

5 В другом варианте осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает ДЭТПМФК, диэтилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту), в основном состоит из нее или состоит из нее.

10 В другом варианте осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает БГМТПМФК, бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)), в основном состоит из нее или состоит из нее.

В другом варианте осуществления ингибитор образования отложений представляет собой, включает соли Na и/или K или органические фосфонаты, в основном состоит из них или состоит из них.

15 В другом варианте осуществления органический фосфонат (III) включает 2-фосфонобутан-1,2,4-трикарбоновую кислоту, 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновую кислоту, бис(фосфометил)аминотрис(метиленфосфоновую кислоту), бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)), гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту),  
20 диэтилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту) или их комбинации.

В другом варианте осуществления органический фосфонат (III) включает бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)), гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту), диэтилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту), 1-гидроксиэтан-1,1-  
25 дифосфоновую кислоту или их комбинации.

В другом варианте осуществления способ включает стадию добавления кислорода в автоклав для окисления под давлением для реакции с водной суспензией при температуре, равной от примерно 150 до примерно 250°C, и при давлении, равном от примерно 10 до примерно 35 бар, и где ингибитор  
30 образования отложений можно добавить к водной суспензии до ее загрузки в автоклав для окисления под давлением. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и

находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

В другом варианте осуществления количество отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , может быть уменьшено по меньшей мере на 15% по сравнению со случаем контрольного образца, который не содержит ингибитор образования отложений. В других вариантах осуществления количество отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , может быть уменьшено по меньшей мере на 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95% или даже большее количество %. Для специалистов в данной, области техники должно быть очевидно, что степень уменьшения обычно связана с жесткостью условий в автоклаве. Кроме того, в различных неограничивающих вариантах осуществления все значения и диапазоны значений, как целые, так и дробные значения, включая приведенные выше и находящиеся между ними, явно предусмотрены для применения в настоящем изобретении.

В другом варианте осуществления уменьшение количества образующихся отложений может наблюдаться по меньшей мере на одном из следующих участков: поверхность камеры автоклава, клапан для загрузки суспензии, клапан для выгрузки суспензии, перекрывающий клапан насоса, клапан сброса давления, клапан для загрузки кислорода и/или присоединенные линии.

В различных вариантах осуществления суспензию, поступающую из контура размола, содержащую примерно 35% твердых веществ, можно перекачать в один или большее количество бассейнов-сгустителей. Затем сборный поток, выходящий из бассейнов-сгустителей, содержащий примерно 54% мас./мас. твердых веществ, можно перекачать один или большее количество последовательно расположенных резервуаров для подкисления. Затем до попадания суспензии во включающий автоклав контур к ней добавляют серную кислоту для разрушения достаточного количества карбоната. В резервуары для подкисления также можно ввести технологический воздух для обеспечения удаления диоксида углерода. В резервуарах для подкисления количества карбоната обычно уменьшают до составляющих  $< 2\%$ .

В других вариантах осуществления суспензию, выходящую из резервуаров для подкисления, до ее загрузки в автоклав можно пропустить через несколько последовательно расположенных сосудов-подогревателей смешивающего типа

("сосуды периодического смачивания"). При прохождении суспензии через сосуды периодического смачивания ее можно предварительно нагреть до температуры, равной 165-175°C. Источником тепла в сосудах периодического смачивания может являться выделяющийся пар, который может выделяться из суспензии, выгружаемой из автоклава, при ее прохождении через сосуды для понижения давления ("испарительные сосуды"). Суспензия может поступать в сосуды периодического смачивания сверху и ниспадать каскадом на внутренние перегородки, тогда как выделяющийся пар поступает в нижнюю секцию сосуда и поднимается вверх, вступая в соприкосновение с суспензией для непосредственного переноса тепла. Дно каждого сосуда может выступать в роли цилиндра насоса для промежуточных подающих насосов.

Выгружаемый из работающего при высоком давлении сосуда периодического смачивания поток можно перекачать в автоклав с помощью двух поршневых мембранных насосов объемного типа (Geho). Насосы работают одновременно и содержат отдельные линии подсоса и выгрузки. Каждый насос может обеспечить подачу в автоклав примерно 60% необходимого количества загрузки.

На размер и конструкцию автоклава не налагаются особые ограничения и им может являться любой известный в данной области техники. Так, например, в различных вариантах осуществления каждый автоклав может быть разделен на несколько, например, 5 секций, причем каждая секция включает перемешивающее устройство и линии для ввода кислорода, пара и воды. Время пребывания в автоклаве обычно находится в диапазоне от 40 до 60 мин, и сосуды работают при давлении, равном примерно 2900 кПа изб., и температуре, равной 215-220°C. Содержащейся в автоклавных сосудах коррозионностойкой мембраной может являться изготовленная из свинца пластина толщиной 8 мм, соединенная с изготовленным из углеродистой стали кожухом, защищенная от воздействия тепла бумагой Fibrefrax™ толщиной 3 мм и слоем из устойчивого к воздействию кислоты огнеупорного кирпича толщиной 23 см.

Окисление сульфида серы в автоклаве обычно протекает примерно на 90-92%. Целевое значение количества оставшегося сульфида, выходящего из автоклава, может составлять менее 0,2%. Значения количества сульфида, превышающие 0,25%, могут привести к неудовлетворительному извлечению

золота в контуре. Количества свободной кислоты в выходящем из автоклава продукте, зависят от количеств сульфида и карбоната, содержащихся в загружаемом в автоклав сырье, однако обычно они находятся в диапазоне от 10 до 25 г/л  $H_2SO_4$ .

5 В других вариантах осуществления суспензию выгружают из автоклава и пропускают через несколько последовательно расположенных сосудов для понижения давления, называемых испарительными сосудами. После пропускания через контур испарительных сосудов давление и температуру постепенно понижают до атмосферного давления и температуры, равной  $96^{\circ}C$ .

10 Пар, высвобождающийся при быстром понижении давления, с помощью испарительного сосуда, можно направить в соответствующий сосуд периодического смачивания. Затем суспензию, выходящую из контура понижения давления, можно охладить от температуры, равной  $96^{\circ}C$ , до температуры, равной  $48^{\circ}C$ , с использованием нескольких, например, от 6 до 8,

15 последовательно расположенных, кожухотрубных теплообменников. Охлаждающая вода может быть расположена на стороне кожуха теплообменника и суспензия проходит через трубки. Таким образом, системой испарения/периодического смачивания может являться система с регенерацией тепла, в которой сведено к минимуму использование острого пара, при этом

20 обеспечено уменьшение производственных расходов. После прохождения суспензии через охладители ее можно перекачать в два расположенных параллельно резервуара для нейтрализации, в которых можно увеличить значение pH.

В других вариантах осуществления нейтрализованную суспензию,

25 выходящую из контура окисления под давлением, можно перекачать в две расположенные параллельно системы, состоящие из 8 резервуаров, для экстракции золота и последующего извлечения золота в обычном контуре элюирования Задра. Для подачи во включающую автоклав установку флокулянта, серной кислоты, кислорода, извести, пара и сжатого воздуха можно

30 установить подходящее вспомогательное оборудование. Системой управления может являться распределенная система управления (PCY) Bailey Network 90™.

В других вариантах осуществления для непрерывной обработки в автоклаве во включающей автоклав системе можно использовать имеющиеся контур для

дробления и размола и хранящуюся в резервуарах суспензию. Размолотую суспензию можно сгустить в обладающих диаметром, равным 20 м, высокоскоростных бассейнах-сгустителях до обеспечения содержания твердых веществ, равного 50%, и направить на обработку путем проведения трех стадий

5 нагревания с использованием колонн периодического смачивания, в которые можно ввести рециркулированный пар, содержащийся в выходящем из автоклава продукте. Перекачивание можно провести с помощью одного поршневого мембранного насоса объемного типа (Geho). Давление и температуру можно

10 повысить от атмосферного давления и температуры окружающей среды до давления, равного 3135 кПа изб., и температуры, равной 215°C, соответственно. Затем суспензию можно направить через охладитель в автоклав,

представляющий собой горизонтально расположенный цилиндрический модуль, обладающий диаметром, равным 3,7 м, и длиной, равной 14 м. Автоклав может

15 быть изготовлен из углеродистой стали и содержать покрытие из устойчивого к воздействию кислоты огнеупорного кирпича. Он может быть разделен на 4 секции с помощью изготовленных из нержавеющей стали перегородок. В каждой секции может быть обеспечено отдельное перемешивание с помощью

однолопастных перемешивающих устройств. Скорость вращения концов лопастей перемешивающего устройства можно поддерживать равной меньше 3,8

20 м/с для предотвращения ускоренного изнашивания лопастей. Кроме того лопасти перемешивающего устройства можно установить на одну единицу диаметра выше кирпичного покрытия для предотвращения разрушения кирпича, но при поддержании твердой суспензии. Кислород, поступающий из резервуара для хранения, можно загрузить в каждую секцию автоклава. Жидкий кислород

25 можно привезти с близлежащей фабрики производства кислорода на грузовике к резервуарам для хранения. Кислород можно испарить и загрузить в каждую секцию. Выходящую суспензию обрабатывают путем проведения трех стадий понижения давления и выделяющийся пар можно сконденсировать в

соответствующих предварительно нагретых резервуарах периодического

30 смачивания. Между всеми модулями понижения давления могут быть установлены заслонки. Время пребывания суспензии обычно может составлять 90 мин.

Суспензию, полученную на последней стадии понижения давления, обладающую температурой, равной примерно 95°C, можно перекачать через теплообменники для понижения температуры до равной примерно 25°C, необходимой для введения в контур. Для обрабатываемого в автоклаве продукта  
5 можно использовать 3 отдельных резервуара. После выщелачивания суспензию можно загрузить в имеющийся контур обработки хвостов. Насыщенный уголь, выходящий из контура, можно отобрать отдельно и ввести в контур выпаривания. Содержание серы в виде сульфида серы в огнеупорной руде составляет примерно 0,8% и при проведении способа необходимо постоянное  
10 введение пара. Необходимое количество пара обеспечивает паровой котел на пропане при скорости подачи, равной 11000 кг/ч.

В другом варианте осуществления сульфиды направляют в сосуд с концентратом, расположенный до включающего автоклав контура, и затем проводят предварительную обработку кислотой. До обработки суспензии в  
15 автоклаве ее можно сгустить в бассейне-сгустителе, избыток кислоты направляют в установку для обработки. Содержащий сульфид концентрат может обладать количеством сульфидов, достаточным для протекания в автоклаве автогенной реакции, таким образом исключена необходимость использования нагревательных сосудов для суспензии, как в случае обработки цельной руды.  
20 Нагревателями для суспензии может являться система с регенерацией тепла, предназначенная для проведения обработки цельной руды, таким образом уменьшены расходы на наружный обогрев.

Композиции, способы, системы, компоненты и т. п., предлагаемые в настоящем изобретении, можно применять в любом одном или большем  
25 количестве указанных выше участков во включающей автоклав системе, в способе или во вспомогательном оборудовании.

Композиция, предназначенная для уменьшения количества отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Настоящее изобретение также относится к композиции, предназначенной  
30 для уменьшения количества отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления золотосодержащей руды под давлением. Композиция включает водную суспензию, содержащую золотосодержащую руду и воду, и указанный выше

ингибитор образования отложений. Другими словами, сама композиция может включать любой из компонентов, описанных выше.

Система, предназначенная для уменьшения количества отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

5 Настоящее изобретение также относится к системе, предназначенной для уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления золотосодержащей руды под давлением. Система включает подложку, содержащую поверхность, находящуюся в соприкосновении по меньшей мере с  
10 одним из следующих: золотосодержащая руда и/или водная суспензия, содержащая золотосодержащую руду и воду, и указанный выше ингибитор образования отложений, при этом ингибитор образования отложений обеспечивает уменьшение количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , на поверхности по сравнению с количеством образующихся  
15 отложений в системе, не содержащей ингибитор образования отложений. Другими словами, система может включать саму композицию, которая может включать любой из компонентов, описанных выше.

Система включает подложку, содержащую поверхность, находящуюся в соприкосновении по меньшей мере с одним из следующих: золотосодержащая  
20 руда и/или водная суспензия, содержащая золотосодержащую руду и воду. Подложкой может являться любая часть автоклава для окисления под давлением и/или прилегающих контуров, включая, но не ограничиваясь только ими, по меньшей мере один из следующих участков: поверхность камеры автоклава, клапан для загрузки суспензии, клапан для выгрузки суспензии, перекрывающий  
25 клапан насоса, клапан сброса давления, клапан для загрузки кислорода и/или присоединенные линии. Альтернативно, подложкой может являться любой компонент, описанный выше. Система также включает указанный выше ингибитор образования отложений. Система характеризуется уменьшенным количеством образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , на  
30 поверхности по сравнению с количеством образующихся отложений в системе, не содержащей ингибитор образования отложений. В одном варианте осуществления поверхностью является поверхность автоклава для окисления под давлением.

### Дополнительный способ

Настоящее изобретение также относится к дополнительному способу. Этот способ включает стадию приведения указанной выше композиции в соприкосновение с указанной выше подложкой. Другими словами, способ можно описать, как способ обработки автоклава и/или любых прилегающих контуров, включая, но не ограничиваясь только ими, по меньшей мере один из следующих участков: поверхность камеры автоклава, клапан для загрузки суспензии, клапан для выгрузки суспензии, перекрывающий клапан насоса, клапан сброса давления и/или присоединенные линии.

Хотя в приведенном выше подробном описании настоящего изобретения представлен по меньшей мере один типичный вариант осуществления, следует понимать, что существует большое количество модификаций. Следует также понимать, что типичный вариант осуществления или типичные варианты осуществления являются лишь примерами и они не предназначены для какого-либо ограничения объема, применимости или конфигурации настоящего изобретения. С помощью приведенного выше подробного описания специалистам в данной области техники скорее предоставлена подходящая схема выполнения типичного варианта осуществления настоящего изобретения. Следует понимать, что в функции и расположение элементов, описанных в типичном варианте осуществления, можно внести различные изменения без отклонения от объема настоящего изобретения, приведенного в прилагаемой формуле изобретения.

### ПРИМЕРЫ

Для исследования уменьшения количества отложений проводили серию экспериментов. Используемое оборудование включало: встряхивающий стол с сушкой горячим воздухом; изготовленные из сплава С22 сосуды и тефлоновые крышки; дозаторы для горловин бутылок; пипетки с наконечниками; эксикатор; сушильный шкаф (снабженный решетками и устойчивым к воздействию тепла/кислоты дополнительным контейнером) и вспомогательный бак для отходов. Используемыми реагентами являлись:  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 29% (20 об./об.) серная кислота, плотность = 1,21;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; и растворы различных продуктов-ингибиторов образования отложений в ДИ (деионизированная) воде, разбавленных до концентрации, равной примерно 1 мас.%.



Используемой методикой являлась следующая:

Исходный раствор:

1. В мерную колбу объемом 1 л, наполовину заполненную ДИ водой, добавляли 26,46 г  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и перемешивали до обеспечения растворения. Колбу  
5 заполняли ДИ водой до метки.
  2. В мерную колбу объемом 1 л, наполовину заполненную ДИ водой, добавляли 100 г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  перемешивали до обеспечения растворения. Колбу заполняли ДИ водой до метки.
  3. Исходные растворы переносили в бутылки с этикетками, снабженные  
10 расположенными на горловинах бутылок дозаторами.
- Подготовка исследования:
4. Определяли массу изготовленных из сплава С22 сосудов без их крышек.
  5. В снабженные этикетками изготовленные из сплава С22 сосуды объемом 8  
унций помещали 50 мл исходного раствора  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  с использованием  
15 расположенных на горловинах бутылок дозаторов.
  6. Добавляли 86 мл  $\text{H}_2\text{O}$  для получения 2,5% раствора серной кислоты или 72 мл  
 $\text{H}_2\text{O}$  для получения 5% раствора серной кислоты.
  7. Добавляли 50 мл исходного раствора  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (если исследовали 0,5% Fe)  
с использованием расположенных на горловинах бутылок дозаторов.
  - 20 8. Добавляли недостающее для баланса количество серной кислоты:
    - i. если исследовали 2,5% раствор серной кислоты:  
добавляли 14 мл 20 об./об. раствора серной кислоты с помощью серологической  
пипетки,
    - ii. если исследовали 5,0% раствор серной кислоты:  
25 добавляли 28 мл 20 об./об. раствора серной кислоты с помощью серологической  
пипетки.
  9. Добавляли исходный раствор ингибитора образования отложений (исходный  
раствор ингибитора образования отложений разбавляли ДИ водой с получением  
1 мас.% раствора исходного раствора ингибитора образования отложений воде.
  - 30 10. Закрытые сосуды помещали на встряхивающий стол и выдерживали при 60 -  
80°C и при 150 об/мин в течение 6 ч (если не указано иное).
  11. Через 6 ч нагревание встряхивающего стола выключали, но сосуды  
продолжали встряхивать, не допуская оседания.

12. Со всех сосудов по очереди снимали тефлоновые крышки.

13. Жидкую фазу сливали в бак для отходов.

14. Сосуды сушили в сушильном шкафу в перевернутом виде на решетке, расположенной над дополнительным контейнером (для предотвращения

5 повреждения сушильного шкафа оставшимися количествами кислоты), при 105°C в течение ночи.

15. После сушки сосудов их помещали в эксикаторы для охлаждения в течение примерно 1 ч.

10 16. После охлаждения сосуды (без крышек) взвешивали и по разности масс определяли количество осадившихся отложений.

17. Определяли количество осадившихся отложений.

Расчеты:

Ингибирование образование отложений, мас. %:

$$\frac{(C - A) - (D - B)}{C - A} \times 100$$

15 где:

A - масса пустого холостого сосуда (до проведения исследования)

B - масса пустого предназначенного для обработки сосуда (до проведения исследования)

C - масса высушенного холостого сосуда (после проведения исследования)

20 D - масса высушенного обработанного сосуда (после проведения исследования)

Холостые сосуды (первые два сосуда в наборе) не содержали никакого ингибитора образования отложений и их использовали для сопоставления с обработанными сосудами. В каждом исследовании всегда использовали от 8 до

25 16 обработанных сосудов. Исследование каждого химического вещества/проведение каждого исследования повторяли трижды.

Сосуды, изготовленные из сплава С22:

Площадь внутренней поверхности - 0,019255 м<sup>2</sup>

Высота - 13 см

Внутренний диаметр - 5,4 см

30 Внешний диаметр - 6,0 см

В различных исследованиях исходные и конечные концентрации являлись примерно следующими:

Исходная концентрация ионов Ca в  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :  $(40/147) \times 26,46 \text{ г} = 7200$   
част./млн в 1 л

5 Конечная концентрация ионов Ca в  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :  $50 \text{ г}/200 \text{ г} \times 7200 \text{ част./млн} = 1800$   
част./млн = 1,8 г/л

Исходная концентрация ионов Fe в  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :  $(55,85/278,01) \times 100 \text{ г} = 20089$   
част./млн в 1 л

10 Конечная концентрация ионов Fe в  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :  $50 \text{ г}/200 \text{ г} \times 20089 \text{ част./млн} =$   
5022 част./млн или ~5 г/л

Исходная концентрация серной кислоты: 29% (20 об./об.) серная кислота,  
плотность = 1,21

Конечная концентрация серной кислоты:  $(14,25 \text{ мл} \times 1,21 \text{ г/мл}) \times 29\% / 200 \text{ г} = 2,5\%$   
или 25 г/л

15 Конечная концентрация серной кислоты:  $(28,5 \text{ мл} \times 1,21 \text{ г/мл}) \times 29\% / 200 \text{ г} = 5\%$   
или 50 г/л

Конечная концентрация сульфат-ионов для 2,5% кислоты:  $(96,06/98,08) \times 25000$   
част./млн = 24485 част./млн

20 Конечная концентрация сульфат-ионов для 5,0% кислоты:  $(96,06/98,08) \times 50000$   
част./млн = 48970 част./млн

Исходная концентрация ионов  $\text{SO}_4$  в  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :  $(96,06/278,01) \times 100 \text{ г} = 34553$   
част./млн в 1 л

Конечная концентрация ионов  $\text{SO}_4$  в  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :  $50 \text{ г}/200 \text{ г} \times 34553 \text{ част./млн} =$   
8638 част./млн

25 В представленной ниже таблице 1 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 5% раствор серной кислоты; 2000 част./млн Ca; 23000 част./млн Fe.

30 Добавляемое количество всех ингибиторов образования отложений, приведенных ниже, основано на выраженном в процентах количестве твердых веществ в растворе ингибитора образования отложений, в случае, если использовали порошкообразные продукты, оно составляло 100%. Температура проведения всех исследований составляла  $80^\circ\text{C}$ , если не указано иное.

Продолжительность проведения исследования составляла 6 ч, если не указано иное.

ТАБЛИЦА 1

5% Раствор серной кислоты; 2000 част./млн Са; 23000 част./млн Fe

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
1	холостой образец	НП*	НП
2 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН, 50 част./млн твердых веществ	-7,42	4,74
3 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН, 100 част./млн твердых веществ	-27,46	10,64
4 (сравнительный)	поли(NIPAM)-карбоновая кислота, 50 част./млн твердых веществ	-17,25	14,43
5 (сравнительный)	поли(NIPAM)-карбоновая кислота, 100 част./млн твердых веществ	-22,92	19,55

5

\*НП - не применимо

Поли(NIPAM)-карбоновая кислота означает поли(N-изопропилакриламид), содержащий концевую карбоксигруппу, выпускается фирмой Aldrich.

ГМФН означает гексаметафосфат натрия.

10

В представленной ниже таблице 2 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 2,5% серной кислоты; 1200 част./млн Са; 5000 част./млн Fe. Ниже во всех примерах добавляемое количество продуктов составляло 100 част./млн твердых веществ.

15

ТАБЛИЦА 2

2,55% Раствор серной кислоты; 1200 част./млн Са; 5000 част./млн Fe

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
6	холостой образец	НП	НП

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
7 (сравнительный)	EXP 6490 (100 част./млн)	-18,79	23,81
8 (сравнительный)	поли(NIPAM)-карбоновая кислота (100 част./млн)	-12,73	7,86
9 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН (100 част./млн)	-4,24	7,47
10 (соответствующий настоящему изобретению)	АТМФК (100 част./млн)	-3,03	6,18
11 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН/АТМФК (смесь состава 1:1; 100 част./млн)	-9,09	18,18

EXP 6490 означает сульфированный акрилатный тройной сополимер, выпускается фирмой Akzo Nobel.

АТМФК означает [бис(фосфометил)амино]метилфосфовую кислоту.

5 ГМФН означает гексаметафосфат натрия.

В представленной ниже таблице 3 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 2,5% серной кислоты, разные количества, равные 1800-2500 част./млн, ионов Са и без добавления ионов Fe.

10 ТАБЛИЦА 3

2,55% Раствор серной кислоты; 1800 част./млн (№ 15-17) и 2500 част./млн (№ 12-14) Са; 0 част./млн Fe

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
12	холостой образец, 2500 част./млн Са	НП	НП
13 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН (100 част./млн)	67,54	2,21

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
14 (соответствующий настоящему изобретению)	АТМФК (100 част./млн)	12,55	3,95
15	холостой образец, 1800 част./млн Са	НП	НП
16 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН (100 част./млн)	91,06	0,83
17 (соответствующий настоящему изобретению)	АТМФК (100 част./млн)	33,49	3,32

В примерах 13 и 16 ингибитор образования отложений являлся таким же, как в примере 9.

5 В представленной ниже таблице 4 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 5% серной кислоты; 1800 част./млн Са; без добавления Fe.

ТАБЛИЦА 4

55% Раствор серной кислоты; 1800 част./млн Са; без добавления Fe

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
18	холостой образец	НП	НП
19 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН (100 част./млн)	70,72	3,78
20 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН/БГМТПМФК (4:1) (100 част./млн)	72,69	5,27
21 (соответствующий настоящему изобретению)	БГМТПМФК (100 част./млн)	81,13	2,95

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
22 (соответствующий настоящему изобретению)	ДЭТПМФК (100 част./млн)	60,76	19,66
23 (соответствующий настоящему изобретению)	АТМФК (100 част./млн)	26,56	6,42

ДЭТПМФК означает диэтилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту).

БГМТПМФК означает бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)).

- 5 В представленной ниже таблице 5 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 2,5% серной кислоты; 3500 част./млн Са; разные количества Fe.

ТАБЛИЦА 5

- 10 2,55% Раствор серной кислоты; 3500 част./млн Са; разные количества Fe

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
24	холостой образец, 5 част./млн Fe	НП	НП
25 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН, 100 част./млн (5 част./млн Fe)	42,94	7,82
26	холостой образец, 10 част./млн Fe	НП	НП
27 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН, 100 част./млн (10 част./млн Fe)	34,15	8,52
28	холостой образец, 50 част./млн Fe	НП	НП
29 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН, 100 част./млн (50 част./млн Fe)	21,87	0,17

В представленной ниже таблице 6 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 2,5% серной кислоты; 1800 част./млн Са; разные количества Fe.

ТАБЛИЦА 6

2,55% Раствор серной кислоты; 1800 част./млн Са; разные количества Fe

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
30	холостой образец, 10 част./млн Fe	НП	НП
31 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН (10 част./млн Fe)	79,17	9,86
32	холостой образец, 50 част./млн Fe	НП	НП
33 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН (50 част./млн Fe)	68,40	7,24
34	холостой образец, 100 част./млн Fe	НП	НП
35 (соответствующий настоящему изобретению)	ГМФН (100 част./млн Fe)	39,31	3,88

В представленной ниже таблице 7 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 2,5% серной кислоты; 1800 част./млн Са; разные количества Fe.

ТАБЛИЦА 7

2,55% Раствор серной кислоты; 1800 част./млн Са; разные количества Fe

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
36	холостой образец, 0 част./млн Fe	НП	НП



Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
37 (сравнительный)	ДЭТПМФК/сополимер СС-МК (1:3) (0 част./млн Fe)	8,55	3,27
38	холостой образец, 100 част./млн Fe	НП	НП
39 (сравнительный)	ДЭТПМФК/сополимер СС-МК (1:3) (100 част./млн Fe)	4,90	2,38

В примерах 37 и 39 использовали механическую смесь ДЭТПМФК и сополимера стиролсульфоната (СС) с малеиновой кислотой (МК), который является синтетическим органическим полимером.

- 5 В представленной ниже таблице 8 приведены выраженные в % средние значения для уменьшения количества отложений, рассчитанные по методике, описанной выше, для растворов, содержащих 5,5% серной кислоты; 1300 част./млн Са; 5000 част./млн Fe; продолжительность исследования: 3 ч при 60°C.

ТАБЛИЦА 8

- 10 2,55% Раствор серной кислоты; 1300 част./млн Са; 5000 част./млн Fe; 3 ч; 60°C

Пример	Ингибитор образования отложений	Среднее значение для уменьшения количества отложений, %	Стандартное отклонение
40	холостой образец	НП	НП
41 (соответствующий настоящему изобретению)	Д-ГМФН/БГМТПМФК (4:1) (150 част./млн)	22,19	7,46

Д-ГМФН означает обладающий длинной цепью ГМФН,  $Y_{n+2}P_nO_{3n+1}$  (II), где n обладает средним значением, равным примерно 21, и Y обозначает Na.

- 15 В таблицах 1-8 представлено влияние концентрации серной кислоты, ионов Са, ионов Fe и добавляемых количеств продуктов на ингибирование образование отложений разными продуктами, которое определяли по методике исследования образования отложений, описанной выше. В общем, эффективность ингибирования образования отложений продуктами уменьшается с увеличением концентрации серной кислоты, с увеличением концентрации ионов Са и с

увеличением концентрации ионов Fe. Даже при чрезвычайно высоких концентрациях ионов Fe, такой как в таблице 8, эффективность ингибирования образования отложений продуктом оставалась больше нуля.

5 Хотя в приведенном выше подробном описании представлен по меньшей мере один типичный вариант осуществления, следует понимать, что существует большое количество модификаций. Следует также понимать, что типичный вариант осуществления или типичные варианты осуществления являются лишь примерами и они не предназначены для какого-либо ограничения объема, применимости или конфигурации. С помощью приведенного выше подробного  
10 описания специалистам в данной области техники скорее предоставлена подходящая схема выполнения типичного варианта осуществления. Следует понимать, что в функции и расположение элементов, описанных в типичном варианте осуществления, можно внести различные изменения без отклонения от объема, приведенного в прилагаемой формуле изобретения.

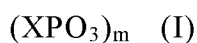
15

## ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления металлсодержащей руды под давлением, в котором металлсодержащую руду объединяют с водой с получением водной суспензии, которую нагревают и загружают в автоклав для окисления под давлением, указанный способ включает:

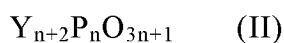
получение ингибитора образования отложений, который не содержит органический полимер и содержит:

неорганический фосфат формулы (I),



в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6,

неорганический фосфат формулы (II),



в которой Y обозначает Na, K, H или их комбинации, и n равно не менее примерно 6, или

органический фосфонат (III); или

их комбинацию; и

объединение ингибитора образования отложений и по меньшей мере одного из следующих: металлсодержащая руда, вода и водная суспензия, для уменьшения количества образующихся отложений в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах.

25

2. Способ по п. 1, где неорганический фосфат формулы (I) включает гексаметафосфат натрия и где в формуле (I) m равно примерно 6.

3. Способ по п. 1, где неорганический фосфат формулы (II) включает поли(фосфат) натрия и где в формуле (II) n равно примерно 21.

4. Способ по п. 1, где органическим фосфонатом (III) является бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновая кислота)).

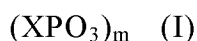
5. Способ по п. 1, где органический фосфонат (III) включает 2-фосфонобутан-1,2,4-трикарбоновую кислоту, 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновую кислоту, бис(фосфонометил)аминотрис(метиленфосфоновую кислоту),  
5 гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту),  
диэтилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту) или их комбинации.

6. Способ по п. 1, дополнительно включающий стадию добавления кислорода в автоклав для окисления под давлением для реакции с водной  
10 суспензией при температуре, равной от примерно 150 до примерно 250°C, и при давлении, равном от примерно 10 до примерно 35 бар, и в котором ингибитор образования отложений добавляют к водной суспензии до ее загрузки в автоклав для окисления под давлением.

15 7. Способ по п. 1, где металлом является золото или никель, и количество отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , уменьшено по меньшей мере на 15% по сравнению со случаем контрольного образца, который не содержит ингибитор образования отложений.

20 8. Способ по п. 7, где уменьшение количества образующихся отложений наблюдается по меньшей мере на одном из следующих участков: поверхность камеры автоклава, клапан для загрузки суспензии, клапан для выгрузки суспензии, перекрывающий клапан насоса, клапан сброса давления и/или  
25 присоединенные линии.

9. Композиция, предназначенная для уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления металлсодержащей руды под давлением, указанная композиция включает:  
30 водную суспензию, содержащую металлсодержащую руду и воду; и ингибитор образования отложений, который не содержит органический полимер и содержит:  
неорганический фосфат формулы (I),



в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6,

неорганический фосфат формулы (II),



в которой Y обозначает Na, K, H или их комбинации, и n равно не менее примерно 6,

органический фосфонат (III); или

их комбинацию.

10

10. Композиция по п. 9, где неорганический фосфат формулы (I) включает гексаметафосфат натрия и где в формуле (I) m равно примерно 6.

11. Композиция по п. 9, где неорганический фосфат формулы (II) включает  
15 поли(фосфат) натрия и где в формуле (II) n равно примерно 21.

12. Композиция по п. 9, где органическим фосфонатом (III) является бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновою кислоту)).

13. Композиция по п. 9, где органический фосфонат (III) включает 2-  
20 фосфонобутан-1,2,4-трикарбоновую кислоту, 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновою кислоту, бис(фосфонометил)аминотрис(метиленфосфоновою кислоту), гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновою кислоту), диэтилентриаминпента(метиленфосфоновою кислоту) или их комбинации.

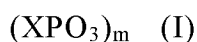
25

14. Система, предназначенная для уменьшения количества образующихся отложений, содержащих  $CaSO_4$  и  $Fe_2O_3$ , в автоклаве для окисления под давлением и/или прилегающих контурах во время окисления металлсодержащей руды под давлением, указанная система включает:

30 подложку, содержащую поверхность, находящуюся в соприкосновении по меньшей мере с одним из следующих: металлсодержащая руда и/или водная суспензия, содержащая металлсодержащую руду и воду; и

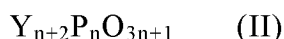
ингибитор образования отложений, который не содержит органический полимер и содержит:

неорганический фосфат формулы (I),



5 в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации, и m равно не менее примерно 6,

неорганический фосфат формулы (II),



10 в которой Y обозначает Na, K, H или их комбинации, и n равно не менее примерно 6,

органический фосфонат (III); или

их комбинацию;

где система, включающая ингибитор образования отложений, характеризуется уменьшенным количеством образующихся отложений, содержащих  $CaSO_4$  и  $Fe_2O_3$ , на поверхности по сравнению с количеством образующихся отложений в системе, не содержащей ингибитор образования отложений.

15 Система по п. 14, где неорганический фосфат формулы (I) включает гексаметафосфат натрия и где в формуле (I) m равно примерно 6.

20 Система по п. 14, где неорганический фосфат формулы (II) включает поли(фосфат) натрия и где в формуле (II) n равно примерно 21.

25 Система по п. 14, где поверхностью является поверхность автоклава для окисления под давлением.

30 Система по п. 14, где неорганический фосфат формулы (I) включает гексаметафосфат натрия и где в формуле (I) m равно примерно 6, и где неорганический фосфат формулы (II) включает поли(фосфат) натрия, и где в формуле (II) n равно примерно 21.

19. Система по п. 14, где органическим фосфонатом является бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновая кислота)).

20. Система по п. 14, где органический фосфонат (III) включает 2-фосфобутан-1,2,4-трикарбоновую кислоту, 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфовую кислоту, бис(фосфометил)аминотрис(метиленфосфовую кислоту),  
5 гексаметилендиаминтетра(метиленфосфовую кислоту),  
диэтилентриаминпента(метиленфосфовую кислоту) или их комбинации.