

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202390914 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.07.20(22) Дата подачи заявки
2021.09.10(51) Int. Cl. C22B 3/08 (2006.01)
B01D 11/02 (2006.01)
C22B 1/16 (2006.01)
C22B 3/22 (2006.01)
C22B 3/44 (2006.01)
C25C 1/12 (2006.01)
C22B 15/00 (2006.01)

(54) ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СМАЧИВАЮЩЕГО СРЕДСТВА И СОДЕРЖАЩЕГО ТИОКАРБОНИЛЬНУЮ ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ ГРУППУ РЕАГЕНТА

(31) 63/080,578; 63/212,518

(32) 2020.09.18; 2021.06.18

(33) US

(86) PCT/CA2021/051262

(87) WO 2022/056622 2022.03.24

(71) Заявитель:

ДЖЕТТИ РЕСОРСИС, ЭлЭлСи (US)

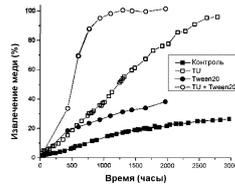
(72) Изобретатель:

Рен Зихе (CA), Мора Уэртас Нельсон (US), Диксон Дэвид, Асселин Эдуард (CA)

(74) Представитель:

Салинник Е.А., Ляджин А.В. (KZ)

(57) Настоящее изобретение касается применения смачивающего средства, такого как неионное смачивающее средство, и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, например, в способе/процессе или применении извлечения основного металла, такого как медь, из материала, включающего основной металл. Такие способы/процессы могут включать контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу; и, необязательно, рекуперацию основного металла.



Условия	Извлечение через 600 ч (%)	Плотность извлечения через 600 ч (г/ч)
Контроль	8,21	0,0189
Только катализатор	22,97	0,0505
Только ПАВ	21,03	0,0151
Катализатор + ПАВ	69,28	0,1611
Сравнительная плотность		0,0403
Плотность смачивателя		3,9976

A1

202390914

202390914

A1

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СМАЧИВАЮЩЕГО СРЕДСТВА И СОДЕРЖАЩЕГО ТИОКАРБОНИЛЬНУЮ ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ ГРУППУ РЕАГЕНТА

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[001] Настоящее изобретение испрашивает преимущество приоритета согласно предварительной заявке США № 63/080,578, поданной 18 сентября 2020 г., и предварительной заявке США № 63/212, 518, поданной 18 июня 2021 г., содержание которых включено в данный документ путем ссылки в полном объеме.

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[002] Настоящее изобретение касается применения смачивающего средства, такого как неионное смачивающее средство, и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, например, в процессе / способе извлечения основного металла, такого как медь, из материала, включающего основной металл.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[003] На халькопирит, сульфид меди и железа, имеющий химическую формулу CuFeS_2 , приходится приблизительно 70 % известных резервов меди. На гидromеталлургическую переработку приходится приблизительно 20 % производства меди во всем мире, но в настоящее время ее не применяют для халькопиритовых руд. Вместо этого для концентратов этих руд применяют пирометаллургические способы.

[004] Водная обработка минералов обеспечивает несколько преимуществ перед пирометаллургическими подходами, в особенности если речь идет о полиметаллических и/или низкосортных рудах. Главный недостаток известных гидromеталлургических процессов / способов применительно к халькопириту или некоторым другим сульфидным рудам состоит в низких показателях извлечения продукта.

[005] Некоторые поверхностно-активные вещества, такие как TweenTM 20, TweenTM 40, TweenTM 60, TweenTM 80 и TritonTM X-100, применяют в качестве выщелачивающих агентов для извлечения меди из руд, таких как халькопирит. Также известно, что, подобно Triton X-100 и серии поверхностно-активных веществ Tween, содержащих повторяемую этоксилатную (EO) функциональную группу, полиэтиленгликоль (PEG) имеет каталитическое действие при биовыщелачивании

халькопирита. Также было продемонстрировано, что тиокарбонильное соединение способно увеличивать извлечение сульфидов металлов в кислотной железистой среде. Однако сохраняется потребность в разработке новых способов, позволяющих достигать высоких показателей извлечения меди в более коротких временных рамках, что отвечает интересам промышленной добычи.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[006] Авторами описывается гидрометаллургический процесс / способ извлечения основных металлов, таких как медь, из таких материалов, как руды, содержащие сульфид меди, с применением реагента, имеющего / включающего тиокарбонильную функциональную группу, и смачивающих средств в качестве усиливающих агентов для процесса / способа. В примерах, более подробно описанных ниже, применение реагента, имеющего / включающего тиокарбонильную функциональную группу, со смачивающими средствами создает синергетический эффект, позволявший увеличить извлечение по сравнению с применением любого реагента по отдельности.

[007] Соответственно, настоящее изобретение включает способ извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, причем способ включает контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

[008] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

[009] В другом варианте осуществления кислотная смесь также включает смачивающее средство, и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

[0010] В альтернативном описании настоящее изобретение включает способ рекуперации по меньшей мере одного иона основного металла из материала, включающего по меньшей мере один основной металл, причем способ включает: контактирование материала в кислотных условиях с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, и смачивающее средство, для образования

насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора. В вариантах осуществления, в которых реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, предусмотрен в форме соответствующего димера, т. е., ФДС, причем способ включает: контактирование материала в кислотных условиях с ФДС и смачивающим средством для образования насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора. В одном варианте осуществления контактирование материала для образования насыщенного раствора включает извлечение по меньшей мере одного иона основного металла из материала.

[0011] В одном варианте осуществления материал агломерируют перед контактом.

[0012] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью.

[0013] В одном варианте осуществления кислотная смесь также включает окисляющий агент. В другом варианте осуществления окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа.

[0014] В одном варианте осуществления материал также включает окисляющие железо бактерии.

[0015] В одном варианте осуществления кислотная смесь также включает окисляющие железо бактерии.

[0016] В одном варианте осуществления материал является материалом, включающим сульфид основного металла.

[0017] В одном варианте осуществления материал включает руду.

[0018] В одном варианте осуществления основной металл включает медь.

[0019] В одном варианте осуществления материал включает содержащую сульфид меди руду. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации. В еще одном варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит.

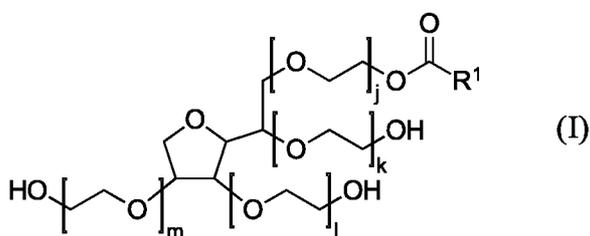
[0020] В одном варианте осуществления способ включает добавление серной кислоты для получения кислотных условий. В другом варианте осуществления перед контактом уровень рН кислотной смеси охватывает диапазон от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5. В еще одном варианте осуществления уровень рН кислотной смеси охватывает диапазон от приблизительно 0 до приблизительно 2.

[0021] В одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в мономерной форме. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к способу в форме соответствующего димера.

[0022] В одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину.

[0023] В одном варианте осуществления смачивающее средство включает неионное смачивающее средство. В другом варианте осуществления неионное смачивающее средство включает неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество, полиэтиленгликоль или их комбинации. В другом варианте осуществления неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира полиэтиленгликоля и их комбинаций.

[0024] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство включает полисорбат. В другом варианте осуществления полисорбат включает одно или несколько соединений формулы (I):

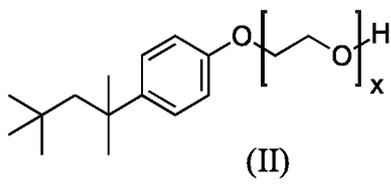


где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + l + m = 20$.

[0025] В одном варианте осуществления полисорбат включает полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации. В другом варианте осуществления полисорбат включает поверхностно-активное вещество серии TweenTM.

В еще одном варианте осуществления полисорбат включает Tween™ 20.

[0026] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является алкилфениловым эфиром полиэтиленгликоля. В другом варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля включает одно или несколько соединений Формулы (II):



, где x равняется 5 - 20.

[0027] В еще одном варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля включает Triton™ X-100.

[0028] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является полиэтиленгликолем, поли(этиленоксидом), поли(оксиэтиленом) или их комбинацией. В другом варианте осуществления полиэтиленгликоль имеет среднюю молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль. В еще одном варианте осуществления полиэтиленгликоль включает полиэтиленгликоль 200, полиэтиленгликоль 300, полиэтиленгликоль 400, полиэтиленгликоль 600 или их комбинацию.

[0029] В одном варианте осуществления неионным смачивающим средством является тергитол. В возможном варианте тергитол является тергитолом 15-S-20. В другом варианте осуществления неионным смачивающим средством является алкилполигликозид. В возможном варианте алкилполигликозидом является Triton CG 110. В другом варианте осуществления неионным смачивающим средством является поли(этиленгликоль)-блок-поли(пропиленгликоль)-блок-поли(этиленгликоль) (PEG-PPG-PEG). В возможном варианте PEG-PPG-PEG является Pluronic® F-108. В другом варианте осуществления неионным смачивающим средством является нонилфенолэтоксилат или этоксилат спирта. В другом варианте осуществления неионным смачивающим средством является лигносульфонат.

[0030] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу, включающему перколяционное выщелачивание, выщелачивание в чанах или выщелачивание в баках. В другом варианте осуществления перколяционное выщелачивание представляет собой кучное, отвальное или колонное выщелачивание. В еще одном варианте осуществления

материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу, включающему кучное выщелачивание.

[0031] В одном варианте осуществления способ также включает рекуперацию основного металла. В одном варианте осуществления приведение материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, образует насыщенный раствор для выщелачивания, включающий основной металл, и способ также включает рекуперацию основного металла из насыщенного раствора для выщелачивания. В одном варианте осуществления рекуперация включает экстрагирование растворителем и электролитическое выделение. В другом варианте осуществления перед экстрагированием растворителем способ также включает разделение твердой и жидкой фаз. В одном варианте осуществления способ также включает рекуперацию реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу. В другом варианте осуществления способ также включает рециркуляцию рекуперированного реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для применения в контактировании с другой частью материала.

[0032] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, при температуре и атмосферном давлении окружающей среды. Атмосферное давление на уровне моря составляет приблизительно 1 атм, но оно может быть разным на разных высотах.

[0033] В одном варианте осуществления способ включает групповой способ.

[0034] В одном варианте осуществления способ включает непрерывный способ.

[0035] Настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу извлечения основного металла из материала, включающего основной металл. В одном варианте осуществления способ является способом извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, как описывается авторами.

[0036] Настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, причем материал приводят в контакт в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом,

включающим тиокарбонильную функциональную группу.

[0037] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

[0038] В одном варианте осуществления кислотная смесь также включает смачивающее средство и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

[0039] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью.

[0040] В одном варианте осуществления кислотная смесь также включает окисляющий агент. В другом варианте осуществления окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа.

[0041] В одном варианте осуществления материал также включает окисляющие железо бактерии.

[0042] В одном варианте осуществления кислотная смесь также включает окисляющие железо бактерии.

[0043] В одном варианте осуществления материал является материалом, включающим сульфид основного металла.

[0044] В одном варианте осуществления материал включает руду.

[0045] В одном варианте осуществления основной металл включает медь.

[0046] В одном варианте осуществления материал включает содержащую сульфид меди руду. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации. В еще одном варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит.

[0047] В одном варианте осуществления добавляют серную кислоту для получения

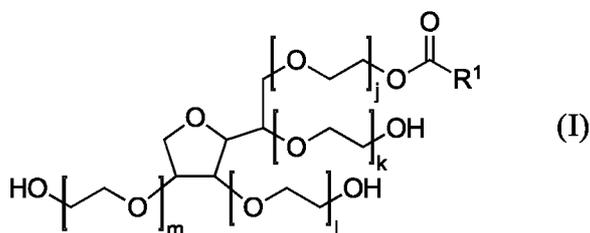
кислотных условий. В другом варианте осуществления перед контактом уровень рН кислотной смеси охватывает диапазон от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5. В еще одном варианте осуществления уровень рН кислотной смеси охватывает диапазон от приблизительно 0 до приблизительно 2.

[0048] В одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в мономерной форме. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в форме соответствующего димера.

[0049] В одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину.

[0050] В одном варианте осуществления смачивающее средство является неионным смачивающим средством. В другом варианте осуществления неионное смачивающее средство включает неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество, полиэтиленгликоль или их комбинации. В другом варианте осуществления неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира полиэтиленгликоля и их комбинаций.

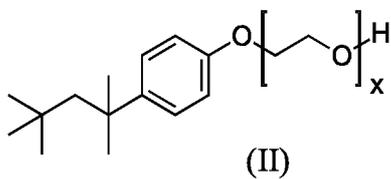
[0051] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство включает полисорбат. В другом варианте осуществления полисорбат представляет собой одно или несколько соединений формулы (I):



где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + l + m = 20$.

[0052] В одном варианте осуществления полисорбат включает полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации. В другом варианте осуществления полисорбат включает поверхностно-активное вещество серии TweenTM. В еще одном варианте осуществления полисорбат включает TweenTM 20.

[0053] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является алкилфениловым эфиром полиэтиленгликоля. В другом варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля включает одно или несколько соединений Формулы (II):



, где x равняется 5 - 20.

[0054] В еще одном варианте осуществления алкилфениловым эфиром полиэтиленгликоля является Triton™ X-100.

[0055] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является полиэтиленгликолем. В другом варианте осуществления полиэтиленгликоль имеет среднюю молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль. В еще одном варианте осуществления полиэтиленгликоль включает полиэтиленгликоль 200.

[0056] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, при температуре и атмосферном давлении окружающей среды. Атмосферное давление на уровне моря составляет приблизительно 1 атм, но оно может быть разным на разных высотах.

[0057] Другие особенности и преимущества настоящего изобретения станут очевидны по ознакомлении с представленным далее подробным описанием. Однако следует понимать, что подробное описание и конкретные примеры, хотя в них и указываются варианты осуществления раскрываемого изобретения, представлены лишь для пояснения, и объем притязаний не ограничивается этими вариантами осуществления, а скорее дает самое широкое толкование, согласующееся с описанием в целом.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ФИГУР

[0058] Варианты осуществления раскрываемого изобретения далее описаны более подробно со ссылкой на прилагаемые фигуры, среди которых:

[0059] Фигура 1 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (0,5 мМ) и Tween™ 20 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего

изобретения (TU + Tw) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или Tween 20 (C), контрольным способом с Tween 20 (Tw) и контрольным способом с тиомочевинной (TU) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0060] Фигура 2 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (0,5 мМ) и разных доз Tween 20 (10, 50, 100 или 200 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или Tween 20 (Контроль) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu+0Tw) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0061] Фигура 3 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (0,5 мМ) и TritonTM X-100 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (TU + Tx100) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или Triton X-100 (Контроль), контрольным способом с Triton X-100 (Tx100) и контрольным способом с тиомочевинной (TU) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0062] Фигура 4 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (2 мМ) и полиэтиленгликоля 200 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + PEG) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или полиэтиленгликоль 200 (Контроль), контрольным способом с полиэтиленгликолем 200 (PEG) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0063] Фигура 5 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (0,5 мМ) и Тергитол 15-S-20 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + Тергитол) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или полиэтиленгликоль 200 (Контроль), контрольным способом с Тергитолом 15-S-20 (Тергитол) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0064] Фигура 6 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (0,5 мМ) и PEG 600 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из

природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + PEG600) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или полиэтиленгликоля 200 (Контроль), контрольным способом с PEG600 (PEG600) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения. Фигура 6 также продемонстрировала благоприятный эффект добавления PEG 600 для активности окисляющих железо бактерий по сравнению с контрольным способом (Контроль) и способом с применением только тиомочевины (Tu).

[0065] Фигура 7 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (0,5 мМ) и TweenTM 40 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + Tween40) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или полиэтиленгликоля 200 (Контроль), контрольным способом с TweenTM 40 (Tween40) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения. Фигура 7 также продемонстрировала благоприятный эффект добавления TweenTM 40 для активности окисляющих железо бактерий по сравнению с контрольным способом и способом с применением только тиомочевины.

[0066] Фигура 8 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления формамидин дисульфида (ФДС) (0,025 мМ) и TweenTM 80 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из чистого Cu₂S в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (ФДС + Tween80) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или полиэтиленгликоль 200 (Контроль), контрольным способом с TweenTM 80 (Tween80) и контрольным способом с ФДС (ФДС) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0067] Фигура 9 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления этилентиомочевины (1 мМ) и полиэтиленгликоля 200 (200 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (ETU + PEG200) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или полиэтиленгликоля 200 (Контроль), контрольным способом с полиэтиленгликолем 200 (PEG200) и контрольным способом с этилентиомочевинной (ETU) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0068] Фигура 10 представляет график, показывающий синергетический эффект

добавления тиомочевины (2 мМ) и комбинированного поверхностно-активного вещества TweenTM 20 (30 млн⁻¹) + PEG200 (30 млн⁻¹) в способе 2-фазного извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (“Добавление TU к комбинированному поверхностно-активному веществу”) в фазе 2 по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или комбинированного поверхностно-активного вещества (“Контроль” в фазе 1), контрольным способом с комбинированным поверхностно-активным веществом (“Комбинированное поверхностно-активное вещество” в фазе 1) и контрольным способом с применением только тиомочевины (“Добавление TU к Контролю” в фазе 2) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0069] Фигура 11 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (2 мМ) и Pluronic[®] F-108 (200 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + F108) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или Pluronic[®] F-108 (Control), контрольным способом с Pluronic[®] F-108 (F108) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0070] Фигура 12 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (2 мМ) и полиэтиленгликоля 200 (30 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной энаргитовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + PEG200) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или полиэтиленгликоля 200 (Контроль), контрольным способом с полиэтиленгликолем 200 (PEG200) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0071] Фигура 13 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (2 мМ) и TweenTM 20 (100 млн⁻¹) в способе извлечения меди из природной низкосортной халькопиритовой руды в колоннах в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + Tween20) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или TweenTM 20 (Контроль), контрольным способом с TweenTM 20 (Tween20) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

[0072] Фигура 14 представляет график, показывающий синергетический эффект добавления тиомочевины (0,5 мМ) и TritonTM CG-110 (30 млн⁻¹) в способе извлечения

меди из природной халькопиритовой руды в соответствии с осуществлением настоящего изобретения (Tu + CG110) по сравнению с контрольным способом без тиомочевины или Triton™ CG-110 (Контроль), контрольным способом с Triton™ CG-110 (CG110) и контрольным способом с тиомочевинной (Tu) в соответствии со сравнительными примерами настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

I. Определения

[0073] Если не указано иное, определения и варианты осуществления, описанные в этом и других разделах, применимы ко всем описанным вариантам осуществления и аспектам раскрываемого изобретения, по отношению к которым они должны рассматриваться специалистами в данной области техники как подходящие.

[0074] Применяемые в контексте данного описания слова “охватывающий” (и любая его форма, например, “охватывать” и “охватывает”), “имеющий” (и любая его форма, например, “иметь” и “имеет”), “включающий” (и любая его форма, например, “включать” и “включает”) или “содержащий” (и любая его форма, например, “содержать” и “содержит”) употребляются взаимозаменяемо, являются включительными или неисчерпывающими и не исключают дополнительных, не упомянутых элементов или этапов процесса / способа.

[0075] Применяемые здесь термины, означающие степень, такие как “в значительной мере”, “примерно” и “приблизительно”, означают величину отклонения изменяемого термина, приемлемую для того, чтобы конечный результат не претерпел значительного изменения. Эти термины, означающие степень, следует рассматривать как включающие отклонение по меньшей мере $\pm 5\%$ изменяемого термина, если это отклонение не делает недействительным значение термина, который оно изменяет.

[0076] Применяемые в раскрытии данного изобретения формы единственного числа охватывают и ссылки на множественное число, если контекст прямо не диктует иное.

[0077] Термин “и/или” в контексте данного описания означает, что перечисляемые предметы присутствуют или используются по отдельности или в комбинации. Фактически этот термин означает, что присутствует или используется “по меньшей мере один из” или “один или несколько” из перечисленных предметов.

[0078] Термин “алкил” в контексте данного описания, применяемый отдельно или в составе другой группы, означает, насыщенные алкильные группы с линейной или разветвленной цепью. Количество атомов углерода, которые возможны в данной

алкильной группе, обозначают числовым префиксом “C_{n1-n2}”. Например, термин C₄₋₃₀алкил означает алкильную группу, имеющую 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 или 30 атомов углерода.

[0079] Термин “алкенил” в контексте данного описания, применяемый отдельно или в составе другой группы, означает, ненасыщенные алкенильные группы с линейной или разветвленной цепью. Количество атомов углерода, которые возможны в данной алкенильной группе, обозначают числовым префиксом “C_{n1-n2}”. Например, термин C₄₋₃₀алкенил означает алкенильную группу, имеющую 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 или 30 атомов углерода и по меньшей мере одну двойную связь, например, 1-3, 1-2, 2 или 1 двойную(ых) связь(и).

[0080] Термин “алкинил” в контексте данного описания, применяемый отдельно или в составе другой группы, означает линейную или разветвленную цепь, ненасыщенные алкинильные группы. Количество атомов углерода, которые возможны в данной алкинильной группе, обозначают числовым префиксом “C_{n1-n2}”. Например, термин C₄₋₃₀алкинил означает алкинильную группу, имеющую 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 или 30 атомов углерода и по меньшей мере одну тройную связь, например, 1-3, 1-2, 2 или 1 тройную(ых) связь(и).

II. Процессы / способы и их применение

[0081] Авторами описывается гидрометаллургический процесс / способ извлечения основных металлов, таких как медь, из таких материалов, как содержащие сульфид меди руды, с применением реагента, имеющего / включающего тиокарбонильную функциональную группу, и смачивающих средств в качестве усиливающих агентов для процесса / способа. В примерах, более подробно описываемых ниже, применение реагента, имеющего / включающего тиокарбонильную функциональную группу, со смачивающими средствами создавало синергетический эффект, позволявший увеличить извлечение по сравнению с применением любого реагента по отдельности.

[0082] Термины “реагент, имеющий тиокарбонильную функциональную группу” и “реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу” в контексте данного описания применяются взаимозаменяемо и относятся к сероорганическому соединению, включающему функциональную группу C=S, которое также известно среди специалистов в данной области техники как тион или тиокетон.

[0083] Специалистам в данной области техники также станет понятно, что термины "процесс" и "способ" являются взаимозаменяемыми по отношению к

вариантам осуществления настоящего изобретения.

[0084] Соответственно, настоящее изобретение включает процесс извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, причем процесс включает контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

[0085] В одном варианте осуществления контактирование материала со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, образует насыщенный раствор для выщелачивания, включающий основной металл. Соответственно, настоящее изобретение также включает процесс извлечения (т. е., выщелачивания) и, необязательно, рекуперацию основного металла из материала, включающего основной металл, причем процесс включает: контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, для получения насыщенного раствора для выщелачивания, включающего основной металл; и, необязательно рекуперацию основного металла из насыщенного раствора для выщелачивания. В одном варианте осуществления процесс включает рекуперацию основного металла из насыщенного раствора для выщелачивания. Соответственно, настоящее изобретение также включает процесс извлечения (т. е., выщелачивания) и рекуперации основного металла из материала, включающего основной металл, причем процесс включает: контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, для получения насыщенного раствора для выщелачивания, включающего основной металл; и рекуперацию основного металла из насыщенного раствора для выщелачивания. В другом варианте осуществления процесс не включает рекуперацию основного металла из насыщенного раствора для выщелачивания. Соответственно, настоящее изобретение также включает процесс извлечения (т. е., выщелачивания) основного металла из материала, включающего основной металл, причем процесс включает: контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, для получения насыщенного раствора для выщелачивания, включающего основной металл.

[0086] В альтернативном описании настоящее изобретение включает способ рекуперации по меньшей мере одного иона основного металла из материала, включающего по меньшей мере один основной металл, причем способ включает: контактирование материала в кислотных условиях с реагентом, включающим

тиокарбонильную функциональную группу, и смачивающее средство, для образования насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора. В вариантах осуществления, в которых реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, предусмотрен в форме соответствующего димера, т. е., ФДС, способ включает: контактирование материала в кислотных условиях с ФДС и смачивающим средством для образования насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора. В одном варианте осуществления контактирование материала для образования насыщенного раствора включает извлечение по меньшей мере одного иона основного металла из материала.

[0087] Материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения подходящего процесса.

[0088] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения процесса, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

[0089] В одном варианте осуществления кислотная смесь также включает смачивающее средство и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения процесса, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу. В другом варианте осуществления материал агломерируют перед контактом. В альтернативном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения процесса, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью. Процессы агломерирования хорошо известны специалистам в данной области техники, и подходящий процесс агломерации может быть выбран специалистом.

[0090] В некоторых вариантах осуществления кислотная смесь также включает окисляющий агент. В качестве окисляющего агента возможен любой подходящий окисляющий агент или их комбинация, выбор которых предоставляется специалисту в

данной области техники. В одном варианте осуществления окисляющий агент включает кислород, источник ионов Fe^{3+} или их комбинации. В другом варианте осуществления окисляющий агент включает источник ионов Fe^{3+} (трехвалентного железа). Термин “источник” в контексте данного описания по отношению к ионам Fe^{3+} включает как прямые источники ионов Fe^{3+} , так и косвенные источники ионов Fe^{3+} , в соответствующих случаях. Термин “прямой источник” в контексте данного описания по отношению к источнику ионов Fe^{3+} означает такое вещество, как соответствующая соль железа(III), которая непосредственно высвобождает ионы Fe^{3+} после растворения в водной среде, такой как кислотные смеси согласно настоящему изобретению. Соль железа(III) может быть водорастворимой. Термин “косвенный источник” в контексте данного описания по отношению к источнику ионов Fe^{3+} означает какой источник, как подходящая водорастворимая соль железа(II), которая высвобождает такое вещество, как ионы Fe^{2+} , после растворения в водной среде, такой как кислотные смеси согласно настоящему изобретению, преобразуемые в ионы Fe^{3+} , например, с применением электрохимического процесса. Например, окисляющий агент может включать такую водорастворимую соль, как сульфат трехвалентного железа (также известный как сульфат железа (III) или $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), способный действовать как прямой источник ионов Fe^{3+} , и/или такую водорастворимую соль, как сульфат двухвалентного железа (также известный как сульфат железа (II) или FeSO_4), действующий как прямой источник ионов Fe^{2+} , окисляемый, например, до ионов Fe^{3+} , например, окисляющими железобактериями. В другом варианте осуществления окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа. В другом варианте осуществления источник ионов трехвалентного железа включает ионы трехвалентного железа, по меньшей мере частично генерируемые окисляющими железобактериями. В одном варианте осуществления кислотная смесь включает раствор трехвалентного железа. В другом варианте осуществления кислотная смесь включает раствор сульфата трехвалентного железа. В еще одном варианте осуществления кислотная смесь включает среду трехвалентного железа. В другом варианте осуществления кислотная смесь включает раствор сульфата двухвалентного железа. В другом варианте осуществления раствор сульфата двухвалентного железа обеспечивает источник ионов Fe^{2+} , которые окисляются до ионов Fe^{3+} окисляющими железобактериями. В кислотной смеси возможна любая подходящая концентрация окисляющего агента, такого как сульфат трехвалентного железа. В одном варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, окисляющий агент, например, сульфат

трехвалентного железа, присутствует в кислотной смеси в концентрации менее 10 г/л Fe^{3+} . В другом варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, окисляющий агент, например, сульфат трехвалентного железа, присутствует в кислотной смеси в концентрации от приблизительно 0,5 г/л до приблизительно 40 г/л, от приблизительно 1,5 г/л до приблизительно 3 г/л или от приблизительно 2 г/л до приблизительно 2,5 г/л Fe^{3+} .

[0091] В некоторых вариантах осуществления материал, включающий основной металл (например, руда, содержащая сульфид основного металла) также включает окисляющие железо бактерии. В некоторых вариантах осуществления кислотная смесь также включает окисляющие железо бактерии. В качестве окисляющих железо бактерий возможны любые подходящие окисляющие железо бактерии или их комбинация (консорциум), выбор которых предоставляется специалисту в данной области техники. В одном варианте осуществления окисляющие железо бактерии включают *Acidomyobacilos ferrooxidans*.

[0092] Материал, включающий основной металл, является любым подходящим материалом, включающим основной металл или их комбинации, которые поддаются извлечению с применением процесса согласно настоящему изобретению. Например, в одном варианте осуществления материал, включающий основной металл, является материалом, включающим сульфид основного металла, электронный лом (например, использованные печатные платы), включающий основной металл, или любой другой подходящий материал, включающий основной металл или их комбинации. В одном варианте осуществления материал, включающий основной металл, является материалом, включающим сульфид основного металла.

[0093] Термин “основной металл” в контексте данного описания означает любой подходящий металл или их комбинацию, которая не включает драгоценных металлов (например, золота или платины). Например, к подходящим основным металлам относятся, помимо прочих, медь, никель, железо, алюминий, свинец, цинк, олово, вольфрам, молибден, тантал, магний, кобальт, висмут, кадмий, титан, цирконий, сурьма, марганец, бериллий, хром, германий, ванадий, галлий, гафний, индий, ниобий (также иногда указываемый как колумбий), рений, таллий и их комбинации. В одном варианте осуществления основной металл включает медь, никель, цинк или их комбинации. В другом варианте осуществления основной металл включает медь. В другом варианте осуществления основным металлом является медь. В одном варианте

осуществления материал включает руду. В одном варианте осуществления материал включает содержащую сульфид меди руду. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда является первичным сульфидом меди (например, халькопиритом, борнитом, энаргитом или их комбинациями), вторичным сульфидом меди (например, ковеллином, халькозином или их комбинациями) или их комбинациями. В одном варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает первичный сульфид меди. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает вторичный сульфид меди. В еще одном варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает комбинацию первичного сульфида меди и вторичного сульфида меди. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации. В одном варианте осуществления сульфид меди формулы Cu_xS_y , где соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, представляет собой халькозин, джарлеит, дигенит или их комбинации. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит. Руды, содержащие сульфид основного металла, отличные от содержащих сульфид меди руд, хорошо известны специалистам в данной области техники. В одном варианте осуществления материал включает содержащую сульфид никеля руду. В другом варианте осуществления содержащая сульфид никеля руда включает пентландит, виоларит или их комбинации.

[0094] Кислотными условиями являются любые подходящие кислотные условия, выбор которых предоставляется специалисту в данной области техники. В некоторых вариантах осуществления процесс включает добавление серной кислоты для получения кислотных условий. В одном варианте осуществления перед контактом уровень pH кислотной смеси составляет от приблизительно 0,5 до приблизительно 4, от приблизительно 1 до приблизительно 3 или от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5. В другом варианте осуществления уровень pH кислотной смеси составляет приблизительно 2.

[0095] Термин “реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу” в контексте данного описания означает сероорганическое соединение, включающее функциональную группу $C=S$, также известное среди специалистов в данной области техники как тион или тиокетон. В качестве реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, возможен любой подходящий реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу. Например, подходящие реагенты,

включающие тиокарбонильную функциональную группу, в возможном варианте характеризуются функциональной группой C=S, включающей серу, несущую частичный отрицательный заряд, имеющую поверхность отрицательного электростатического потенциала и включающую пустую π^* -антисвязывающая орбиталь в качестве низшей незанятой молекулярной орбитали (LUMO), при условии, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, является по меньшей мере частично растворимым в воде и предпочтительно не образует значительного комплекса с основным металлом и/или (при наличии) окисляющим агентом для образования нерастворимых осадков. Некоторые реагенты, включающие тиокарбонильную функциональную группу, способны окисляться для образования соответствующего димера. Например, тиомочевина, в присутствии подходящего окислителя, такого как сульфат трехвалентного железа, способна окисляться для образования димера формамидин дисульфида (ФДС). Существует равновесие между ФДС и тиомочевинной в растворе сульфата трехвалентного железа, и, таким образом, например, кислотная смесь, приготовленная с димером реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу (например, ФДС), обеспечивает реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу (например, тиомочевину), для контактирования с материалом. Соответственно, в одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к процессу в форме соответствующего димера. В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к процессу в мономерной форме (т. е., в форме реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу).

[0096] В одном варианте осуществления реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, являются N-N' замещенные тиомочевины; 2,5-дитиобимочевина; дитиобиурет; тиосемикарбазид *rigum*; тиосемикарбазид; тиоацетамид; 2-метил-3-тиосемикарбазид; 4-метил-3-тиосемикарбазид; винилентритиокарбонат *rigum*; винилентритиокарбонат; 2-цианотиоацетамид; этилентритиокарбонат; этилксантогеновокислый калий; диметилтиокарбамоил хлорид; диметилдитиокарбамат; диметилтритиокарбонат; N,N-диметилтиоформаид; 4,4-диметил-3-тиосемикарбазид; 4-этил-3-тиосемикарбазид; O-изопропилксантогеновая кислота; этилтиооксамат; этилдитиоацетат; пиазин-2-тиокарбоксамид; диэтилтиокарбамоил хлорид; диэтилдитиокарбамат; тетраметилтиурам моносульфид; тетраметилтиурам дисульфид; пентафторофенил хлортионоформат; 4-фторофенил хлортионоформат; O-фенил хлортионоформат; фенил хлордитиоформат; 3,4-

дифтортиобензамид; 2-бромтиобензамид; 3-бромтиобензамид; 4-бромтиобензамид; 4-хлортиобензамид; 4-фторотиобензамид; тиобензойная кислота; тиобензамид; 4-фенилтиосемикарбазид; О-(р-толил) хлортионоформат; 4-бром-2-метилтиобензамид; 3-метокситиобензамид; 4-метокситиобензамид; 4-метилбензолтиоамид; тиоацетанилид; салицилальдегид тиосемикарбазон; индол-3-тиокарбоксамид; S-(тиобензоил)тиогликолевая кислота; 3-(ацетокси)тиобензамид; 4-(ацетокси)тиобензамид; метил N'-[(е)-(4-хлорфенил)метилен]гидразонотиокарбамат; 3-этокситиобензамид; 4-этилбензол-1-тиокарбоксамид; трет-бутил 3-[(метилсульфонил)окси]-1-азетанкарбоксилат; диэтилдитиокарбаминавая кислота; 2-(фенилкарбонотиоилтио)-пропановая кислота; 2-гидроксибензальдегид N-этилтиосемикарбазон; (1R,4R)-1,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гептан-2-тион; тетраэтилтиурам дисульфид; 4'-гидроксибифенил-4-тиокарбоксамид; 4-бифенилтиоамид; дитизон; 4'-метилбифенил-4-тиокарбоксамид; тетраизопропилтиурам дисульфид; антрацен-9-тиокарбоксамид; фенантрен-9-тиокарбоксамид; дибензилдитиокарбамат натрия; 4,4'-бис(диметиламино)тиобензофенон; или их комбинации. В одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, не включает тиомочевину.

[0097] В кислотной смеси возможна любая подходящая концентрация реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу. В вариантах осуществления, в которых реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к процессу / способу в форме соответствующего димера, указанная авторами концентрация реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, означает концентрацию, рассчитанную для ситуации, когда весь димер был диссоциирован в реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу. В одном варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, присутствует в кислотной смеси в концентрации приблизительно 0,002 мМ или

более, приблизительно 0,02 мМ или более, приблизительно 0,1 мМ или более, приблизительно 0,2 мМ или более, приблизительно 0,25 мМ или более, приблизительно 0,3 мМ или более, приблизительно 0,4 мМ или более, приблизительно 0,5 мМ или более, приблизительно 0,6 мМ или более, приблизительно 0,7 мМ или более, приблизительно 0,8 мМ или более, приблизительно 0,9 мМ или более, приблизительно 1.0 мМ или более, приблизительно 1.5 мМ или более, приблизительно 2 мМ или более, приблизительно 2,5 мМ или более, приблизительно 3 мМ или более, приблизительно 4 мМ или более, приблизительно 5 мМ или более, приблизительно 10 мМ или более, приблизительно 20 мМ или более, приблизительно 30 мМ или более или приблизительно 60 мМ или более. В одном варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации приблизительно 100 мМ или менее, приблизительно 60 мМ или менее или приблизительно 30 мМ или менее. В другом варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации приблизительно 20 мМ или менее. В некоторых вариантах осуществления применяют меньшую концентрацию реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу. Соответственно, в другом варианте осуществления настоящего изобретения перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации приблизительно 10 мМ или менее, приблизительно 5 мМ или менее, приблизительно 4 мМ или менее, приблизительно 3 мМ или менее, приблизительно 2,5 мМ или менее, приблизительно 2 мМ или менее, приблизительно 1,5 мМ или менее, приблизительно 1,0 мМ или менее, приблизительно 0,9 мМ или менее, приблизительно 0,8 мМ или менее, приблизительно 0,75 мМ или менее, приблизительно 0,7 мМ или менее, приблизительно 0,6 мМ или менее, приблизительно 0,5 мМ или менее, приблизительно 0,4 мМ или менее, приблизительно 0,3 мМ или менее, приблизительно 0,2 мМ или менее, приблизительно 0,02 мМ или менее или приблизительно 0,002 мМ или менее. Специалисту в данной области техники станет понятной взаимозаменяемость таких вариантов осуществления любым подходящим способом. Например, в другом варианте осуществления перед

приблизительно 50 мМ, от приблизительно 50 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 60 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 4 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 3 мМ, от приблизительно 0,25 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 1,5 мМ, от приблизительно 0,25 мМ до приблизительно 0,75 мМ, от приблизительно 1,5 мМ до приблизительно 2,5 мМ, или приблизительно 0,5 мМ до приблизительно 2 мМ.

[0098] В альтернативных вариантах осуществления, в которых реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к процессу / способу в форме соответствующего димера (например, ФДС), перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом реагент добавляют в любой подходящей концентрации. Значения концентрации, указанные ниже для ФДС, означают концентрацию, рассчитанную для ситуации, когда ФДС не был диссоциирован в тиомочевину. В одном варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 0,001 мМ или более, приблизительно 0,01 мМ или более, приблизительно 0,05 мМ или более, приблизительно 0,1 мМ или более, приблизительно 0,125 мМ или более, приблизительно 0,15 мМ или более, приблизительно 0,2 мМ или более, приблизительно 0,25 мМ или более, приблизительно 0,3 мМ или более, приблизительно 0,35 мМ или более, приблизительно 0,4 мМ или более, приблизительно 0,45 мМ или более, приблизительно 0,5 мМ или более, приблизительно 0,75 мМ или более, приблизительно 1 мМ или более, приблизительно 1,25 мМ или более, приблизительно 1,5 мМ или более, приблизительно 2 мМ или более, приблизительно 2,5 мМ или более, приблизительно 5 мМ или более, приблизительно 10 мМ или более, приблизительно 15 мМ или более или приблизительно 30 мМ или более. В другом варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 50 мМ или менее, приблизительно 30 мМ или менее или приблизительно 15 мМ или менее. В другом варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 10 мМ или менее. В некоторых вариантах осуществления применяют меньшую концентрацию ФДС. Соответственно, в другом варианте осуществления настоящего изобретения ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 5 мМ или менее, приблизительно 2,5 мМ или менее, приблизительно 2 мМ или менее, приблизительно 1,5 мМ или менее, приблизительно 1,25 мМ или менее, приблизительно 1 мМ или менее, приблизительно 0,75 мМ или менее, приблизительно 0,5 мМ или менее, приблизительно 0,45 мМ или менее, приблизительно 0,4 мМ или

менее, приблизительно 0,375 мМ или менее, приблизительно 0,35 мМ или менее, приблизительно 0,3 мМ или менее, приблизительно 0,25 мМ или менее, приблизительно 0,2 мМ или менее, приблизительно 0,15 мМ или менее, приблизительно 0,1 мМ или менее, приблизительно 0,01 мМ или менее или приблизительно 0,001 мМ или менее. Специалисту в данной области техники станет понятной взаимозаменяемость таких вариантов осуществления любым подходящим способом. Например, в другом варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации в диапазоне от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,25 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,1 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,01 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 0,25 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 0,1 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 0,25 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 5 мМ до

приблизительно 25 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 15 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 15 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 15 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 25 мМ до приблизительно 50 мМ или от приблизительно 30 мМ до приблизительно 50 мМ.

[0099] В качестве смачивающего средства возможно любое подходящее смачивающее средство или их комбинация. Термин “смачивающее средство” в контексте данного описания означает вещество или их комбинацию, которые уменьшают поверхностное натяжение воды и включают подходящие поверхностно-активные вещества, эмульгирующие и/или диспергирующие в качестве дополнения или альтернативы смачиванию. В одном варианте осуществления смачивающее средство является неионным смачивающим средством. В качестве неионного смачивающего средства возможно любое подходящее неионное смачивающее средство или их комбинация. Термин “неионное” в контексте данного описания означает, что вещество не диссоциирует на ионы в водной среде, такой как кислотные смеси согласно настоящему изобретению. Количество смачивающего средства, применяемого в процессах согласно настоящему изобретению, является любым подходящим количеством. Например, специалисту в данной области техники станет понятно, что в вариантах осуществления, в которых присутствуют окисляющие железо бактерии, количество является совместимым с присутствием таких бактерий, и его предпочтительно выбирают таким образом, чтобы не наблюдалось значительного различия в росте бактерий и/или их способности к окислению железа. В одном варианте осуществления кислотная смесь включает смачивающее средство, и перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, смачивающее средство присутствует в кислотной смеси в концентрации от приблизительно 0,001 г/л до приблизительно 1 г/л, приблизительно 0,005 г/л до приблизительно 0,5 г/л или от приблизительно 0,01 г/л до приблизительно 0,1 г/л. Также возможно присутствие смачивающего средства в кислотной смеси в концентрации по меньшей мере от приблизительно 1 млн⁻¹ до приблизительно 10 млн⁻¹, от приблизительно 10 млн⁻¹ до приблизительно 30 млн⁻¹, от приблизительно 30 млн⁻¹ до приблизительно 50 млн⁻¹, от приблизительно 50 млн⁻¹ до приблизительно 75 млн⁻¹, от приблизительно 75 млн⁻¹ до приблизительно 100 млн⁻¹, от приблизительно 100 млн⁻¹ до приблизительно 200 млн⁻¹ или приблизительно 200 млн⁻¹. Специалисту в данной области техники также станет понятно, что в вариантах осуществления, в которых материал агломерируют в

присутствии смачивающего средства, в результате такой агломерации возможна потеря поверхностно-активного вещества, и может возникнуть потребность в добавлении дополнительного смачивающего средства до и/или во время процесса с учетом такой потери.

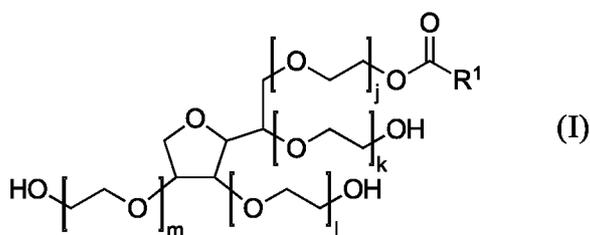
[00100] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является неионным этоксилатным поверхностно-активным веществом, полиэтиленгликолем или их комбинациями. В другом варианте осуществления неионное смачивающее средство является неионным этоксилатным поверхностно-активным веществом. В качестве неионного этоксилатного поверхностно-активного вещества возможно любое подходящее неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество или их комбинация. Термин “поверхностно-активное вещество” в контексте данного описания относится к амфифильному смачивающему средству; т. е., веществу, которое содержит одну или несколько гидрофобных групп и одну или несколько гидрофильных групп, расположенных таким образом, чтобы вещество было способно действовать в качестве смачивающего средства, как определено авторами. Термин “этоксилатное поверхностно-активное вещество” в контексте данного описания относится к поверхностно-активному веществу, которое содержит по меньшей мере один подходящий этиленгликолевый компонент, причем каждый этиленгликолевый компонент имеет формулу $-(OC_2H_4)_nOH$, где n , как правило, составляет от 1 до 20, например, от 1 до 10. В другом варианте осуществления неионное смачивающее средство является полиэтиленгликолем. В качестве полиэтиленгликоля возможен любой подходящий полиэтиленгликоль или их комбинация. Например, специалисту в данной области техники станет понятно, что полиэтиленгликоли низкой молекулярной массы (например, менее чем приблизительно 2000 г/моль) являются подходящими смачивающими средствами. В одном варианте осуществления полиэтиленгликоль имеет среднюю молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 600 г/моль или от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль. В другом варианте осуществления полиэтиленгликолем является полиэтиленгликоль 200. В еще одном варианте осуществления неионным смачивающим средством является комбинация неионного этоксилатного поверхностно-активного вещества и полиэтиленгликоля.

[00101] В одном варианте осуществления неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира

полиэтиленгликоля и их комбинаций. В другом варианте осуществления неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество представляет собой комбинацию полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы и/или алкилового эфира полиэтиленгликоля.

[00102] В одном варианте осуществления неионным смачивающим средством является полисорбат. В качестве полисорбата возможен любой подходящий полисорбат или их комбинация. Термин “полисорбат” в контексте данного описания относится к неионному поверхностно-активному веществу, производному от этоксилированного сорбита, эстерифицированного жирной кислотой, и включает комбинации таких поверхностно-активных веществ, включающих смесь жирных кислот.

[00103] В одном варианте осуществления полисорбат представляет собой одно или несколько соединений формулы (I):



где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + 1 + m = 20$. В одном варианте осуществления R^1 является C_{4-30} алкилом или C_{4-30} алкенилом. В другом варианте осуществления R^1 является C_{10-20} алкилом или C_{10-20} алкенилом.

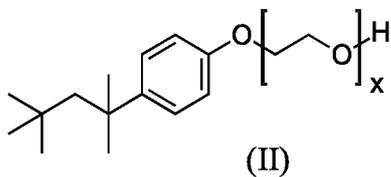
[00104] В одном варианте осуществления полисорбатом является полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации. Специалисту в данной области техники станет понятно, что коммерческие источники таких полисорбатов возможны в форме комбинаций соединений Формулы (I), включающих различные R^1 группы. Например, коммерческим источником полисорбата 20 является TweenTM 20 (полиэтиленгликольсорбитмонолаурат), который в возможном варианте включает соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{10}CH_3$ (т. е., сложный эфир этоксилированного сорбита с лауриновой кислотой) в количестве, которое превышает или равняется приблизительно 40 %, причем остальную часть главным образом составляют соединения Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{12}CH_3$, $-(CH_2)_{14}CH_3$ и $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., сложный эфир этоксилированного сорбита с миристиновой кислотой, пальмитиновой кислотой и стеариновой кислотой, соответственно). Коммерческим источником полисорбата 40 является TweenTM 40 (полиэтиленгликольсорбитмонопальмитат), который в возможном варианте включает

соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{14}CH_3$ (т. е., сложный эфир этоксилированного сорбита с пальмитиновой кислотой) в количестве приблизительно 90 %, причем остальную часть главным образом составляет соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., сложным эфиром этоксилированного сорбита со стеариновой кислотой). Коммерческим источником полисорбата 60 является TweenTM 60 (полиэтиленгликольсорбитмоностеарат), который в возможном варианте включает соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., сложным эфиром этоксилированного сорбита со стеариновой кислотой) в количестве от приблизительно 40 % до приблизительно 60 %, с общим количеством соединений Формулы (I), где R^1 является $-(CH_2)_{14}CH_3$ и $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., а сложным эфиром этоксилированного сорбита с пальмитиновой кислотой и стеариновой кислотой, соответственно), которое превышает или равняется приблизительно 90 %. Коммерческим источником полисорбата 80 является TweenTM 80 (полиэтиленгликольсорбитмоноолеат), который в возможном варианте включает соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_7CH=CH-(CH_2)_7CH_3$ (причем двойная связь существует в цис-конфигурации; т. е., сложный эфир этоксилированного сорбита с олеиновой кислотой), которое превышает или равняется приблизительно 58 %, причем остальную часть главным образом составляют соединения Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_7CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_4CH_3$ (причем каждая двойная связь существует в цис-конфигурации), $-(CH_2)_{14}CH_3$ и $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., сложный эфир этоксилированного сорбита линолевой кислотой, пальмитиновой кислотой и стеариновой кислотой, соответственно). В одном варианте осуществления полисорбат является поверхностно-активным веществом серии TweenTM. В одном варианте осуществления полисорбатом является полисорбат 20 (например, TweenTM 20). В другом варианте осуществления полисорбатом является полисорбат 40 (например, TweenTM 40). В другом варианте осуществления полисорбатом является полисорбат 60 (например, TweenTM 60). В другом варианте осуществления полисорбатом является полисорбат 80 (например, TweenTM 80). В другом варианте осуществления полисорбатом является комбинация полисорбата 20, полисорбата 40, полисорбата 60 и/или полисорбата 80 (например, комбинация TweenTM 20, TweenTM 40, TweenTM 60 и/или TweenTM 80).

[00105] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является алкилфениловым эфиром полиэтиленгликоля. В качестве алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля возможен любой подходящий алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля или их комбинация. Термин “алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля” в контексте данного описания относится к неионному

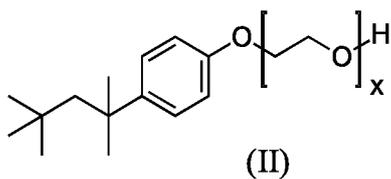
поверхностно-активному веществу, состоящему из группы олиго(этиленгликоля), связанной с группой алкилированного фенила через эфирную связь.

[00106] В одном варианте осуществления алкилфениловым эфиром полиэтиленгликоля является одно или несколько соединений Формулы (II):



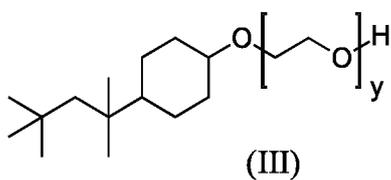
, где x равняется 5 - 20.

[00107] В одном варианте осуществления x равняется 5 - 15. В другом варианте осуществления x равняется 7 - 10. В еще одном варианте осуществления x равняется 9 - 10. Специалисту в данной области техники станет понятно, что коммерческие источники таких алкилфениловых эфиров полиэтиленгликоля возможны в форме комбинаций соединений Формулы (II), включающих разные значения x . Например, TritonTM X-100 является комбинацией соединений Формулы (II), где x равняется 9 - 10. Соответственно, в одном варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля является комбинацией соединений Формулы (II):



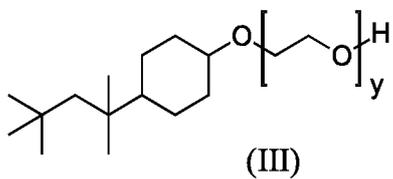
, где x равняется 9 - 10.

[00108] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является алкилфениловым эфиром полиэтиленгликоля в восстановленной форме. В качестве алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля в восстановленной форме возможен любой подходящий алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля в восстановленной форме или их комбинация. Термин “восстановленная форма” в контексте данного описания по отношению к алкилфениловому эфиру полиэтиленгликоля относится к соответствующему неионному поверхностно-активному веществу, включающему циклогексильный компонент вместо фенильного компонента. Например, в одном варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля в восстановленной форме представляет собой одно или несколько соединений Формулы (III):



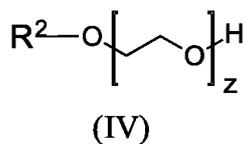
, где y равняется 5 - 20.

[00109] В одном варианте осуществления у равняется 5 - 15. В другом варианте осуществления у равняется 7 - 10. В еще одном варианте осуществления у равняется 9 - 10. В другом варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля в восстановленной форме является комбинацией соединений Формулы (III):



, где у равняется 9 - 10.

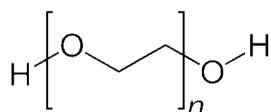
[00110] В одном варианте осуществления неионное смачивающим средством является алкиловый эфир полиэтиленгликоля. В качестве алкилового эфира полиэтиленгликоля возможен любой подходящий алкиловый эфир полиэтиленгликоля или их комбинация. Термин “алкиловый эфир полиэтиленгликоля” в контексте данного описания относится к неионному поверхностно-активному веществу, состоящему из группы олиго(этиленгликоля), связанной с алкильной группой через эфирную связь. В другом варианте осуществления настоящего изобретения алкиловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой одно или несколько соединений Формулы (IV):



, где R² является C₆₋₃₀алкилом, и z равняется 3 - 20.

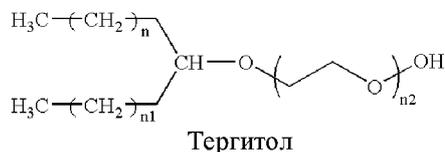
[00111] В одном варианте осуществления R² является C₁₀₋₁₄алкилом. В другом варианте осуществления R² равняется -(CH₂)₁₁CH₃. В одном варианте осуществления z равняется 4 - 9. В другом варианте осуществления z равняется 5. В еще одном варианте осуществления z равняется 8.

[00112] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является полиэтиленгликолем, поли(этиленоксидом), поли(оксиэтиленом) или их комбинацией. В другом варианте осуществления полиэтиленгликоль имеет среднюю молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль. В еще одном варианте осуществления полиэтиленгликолем является полиэтиленгликоль 200, полиэтиленгликоль 300, полиэтиленгликоль 400, полиэтиленгликоль 600 или их комбинация. Полиэтиленгликоль может включать одно или несколько соединений Формулы (V):



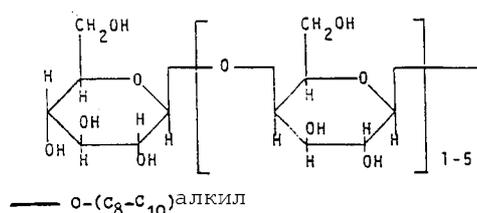
(V), где n означает количество повторяющихся химических единиц.

[00113] В одном варианте осуществления неионным смачивающим средством является тергитол. В возможном варианте тергитол является тергитолом 15-S-20. Тергитол может включать одно или несколько соединений Формулы (VI):



(VI), где $n + n1 = 12$, и $n2 = 19$.

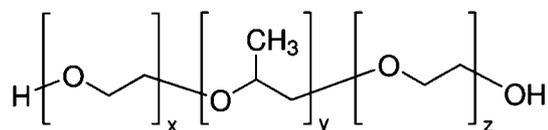
В другом варианте осуществления неионным смачивающим средством является алкилполигликозид. В возможном варианте алкилполигликозидом является Triton CG 110. Алкилполигликозид может включать одно или несколько соединений Формулы (VII):



(VII).

В другом варианте осуществления неионным смачивающим средством является нонилфенолэтоксилат или этоксилат спирта. В другом варианте осуществления неионным смачивающим средством является лигносульфонат.

[00114] В одном варианте осуществления неионное смачивающим средством является Pluronic®. Pluronic® может представлять собой Pluronic® F-108. Pluronic® может включать одно или несколько соединений Формулы (VII):



(VII), где $1 < x < 140$, и $1 < y < 100$.

[00115] Материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением любого подходящего процесса и/или средства, выбор которого предоставляется специалисту в данной области техники. В одном варианте осуществления материал приводят в

контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем перколяционное выщелачивание (например, кучное выщелачивание, отвальное выщелачивание или колонное выщелачивание), выщелачивание в чанах, выщелачивание в баках или биореакторе. В одном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем перколяционное выщелачивание (например, кучное выщелачивание, отвальное выщелачивание или колонное выщелачивание), выщелачивание в чанах или выщелачивание в баках. В другом варианте осуществления перколяционное выщелачивание представляет собой кучное выщелачивание, отвальное выщелачивание или колонное выщелачивание. В одном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем перколяционное выщелачивание. В другом варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем кучное выщелачивание. В другом варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем отвальное выщелачивание. В другом варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем колонное выщелачивание. В другом варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем выщелачивание в чанах. В другом варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем выщелачивание в баках. В другом варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, в процессе, включающем биореактор. Подходящие процессы, средства и/или условия для осуществления перколяционного выщелачивания (например, кучного выщелачивания, отвального выщелачивания или колонного выщелачивания), выщелачивания в чанах, выщелачивания в баках или выщелачивания в биореакторе в процессах согласно настоящему изобретению выбираются специалистом в данной области техники.

[00116] Например, термин “перколяционное выщелачивание” в контексте данного

описания относится к процессу, в котором основной металл выщелачивают из материала, вызывая просачивание материала кислотной смесью и ее протекание через массу материала. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения основной металл выщелачивают из материала, вызывая просачивание материала кислотной и ее протекание через массу материала который агломерируется, или, в некоторых вариантах осуществления, массу материала, который агломерируется со смачивающим средством.

[00117] Термин “кучное выщелачивание” в контексте данного описания относится к примеру перколяционного выщелачивания, которое включает насыпание материала (такого как содержащая сульфид меди руда) на площадку кучного выщелачивания (например, непроницаемую пластиковую или выстеленную глиной площадку выщелачивания) и контактирование (например, поливание при помощи такого средства, как опрыскиватель, или с применением капельного орошения) засыпанного материала с кислотной смесью таким образом, чтобы кислотная смесь просачивалась через засыпанный материал и выщелачивала основной металл, например, для получения насыщенного раствора для выщелачивания, включающего собираемый основной металл. В процессах кучного выщелачивания материал (такой как содержащая сульфид меди руда), как правило, дробят после добычи из земли и перед засыпкой. В одном варианте осуществления дробление является первичным дроблением. В другом варианте осуществления дробление является вторичным дроблением. В еще одном варианте осуществления дробление является третичным дроблением. Специалисту в данной области техники станет понятно, что в вариантах осуществления, в которых материал агломерируют, такую агломерацию осуществляют перед засыпкой материала (такого как содержащая сульфид меди руда), а в вариантах осуществления, включающих дробление материала (такого как содержащая сульфид меди руда) – после дробления материала.

[00118] Термин “отвальное выщелачивание” в контексте данного описания относится к примеру перколяционного выщелачивания, включающего процесс, который подобен кучному выщелачиванию, но в котором материал (такой как содержащая сульфид меди руда) не дробят перед укладыванием на площадку выщелачивания.

[00119] Термин “колонное выщелачивание” в контексте данного описания относится к примеру перколяционного выщелачивания, включающего загрузку материала (такого как содержащая сульфид меди руда) в колонну с последующим контактированием

(например, поливанием при помощи капельного орошения с верхней части колонны) материала с кислотной смесью таким образом, чтобы кислотная смесь просачивалась через материал в колонне и выщелачивала основной металл, например, для получения насыщенного раствора для выщелачивания, включающего собираемый основной металл. В некоторых вариантах осуществления материал (такой как содержащая сульфид меди руда) дробят перед загрузкой в колонну. Специалисту в данной области техники станет понятно, что в вариантах осуществления, в которых материал агломерируют, такую агломерацию осуществляют перед загрузкой материала (такого как содержащая сульфид меди руда), а в вариантах осуществления, включающих дробление материала (такого как содержащая сульфид меди руда) – после дробления материала. Колонное выщелачивание применяют, например, для измерения влияния типичных переменных, имеющих место в процессах кучного и/или отвального выщелачивания.

[00120] Термины “выщелачивание в чанах” и “выщелачивание в баках” в контексте данного описания относятся к процессам, в которых материал (такой как содержащая сульфид меди руда) помещают в чан или бак, соответственно, содержащий кислотную смесь, в условиях, подходящих для выщелачивания основного металла, например, для получения насыщенного раствора для выщелачивания, включающего собираемый основной металл. В типичных процессах выщелачивания в чанах материал (такой как содержащая сульфид меди руда), как правило, дробят до степени измельчения, подходящей для образования гидросмеси или пульпы, комбинируют с водой для образования гидросмеси или пульпы, которую затем закачивают в чан, куда впоследствии добавляют кислотную смесь. В типичных процессах выщелачивания в баках применяют более грубый размер частиц материала (такого как содержащая сульфид меди руда), который загружают в бак в виде твердого вещества, а затем в бак заливают кислотную смесь.

[00121] Специалисту в данной области техники станет понятно, что термин “кислотная смесь” в контексте данного описания включает кислотный водный раствор, а также другие формы кислотных водных смесей, которые зависят, например, от характера и/или концентрации содержащихся в них компонентов. Кислотная смесь, применяемая в разных вариантах осуществления настоящего изобретения, легко может быть приготовлена специалистом в данной области техники с учетом настоящего изобретения путем комбинирования в ней разных компонентов с применением соответствующих способов и/или средств. Например, в некоторых вариантах

осуществления, включающих окисляющий агент (такой как сульфат трехвалентного железа), кислотную смесь приготавливают путем применения процесса, включающего регулирования уровня рН водного раствора, включающего нужное количество окисляющего агента (такого как сульфат трехвалентного железа) с соответствующей кислотой (такой как серная кислота) до подходящего значения (например, до уровня рН приблизительно 2) для получения кислотного водного раствора, содержащего окисляющий агент, с последующим добавлением нужного количества реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу (или его димера) для получения кислотной смеси. В некоторых вариантах осуществления, например, в которых смачивающее средство не агломерируется с материалом (таким как содержащая сульфид меди руда), приготовление кислотной смеси также может включать диспергирование или растворение нужного количества смачивающего средства в кислотной водной смеси, включающей окисляющий агент, для получения кислотной смеси. В некоторых вариантах осуществления диспергирование осуществляют перед добавлением реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу (или его димера). В некоторых вариантах осуществления диспергирование осуществляют после добавления реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу (или его димера).

[00122] В одном варианте осуществления процесс также включает рекуперацию основного металла. Например, основной металл рекуперировать из насыщенного раствора для выщелачивания в вариантах осуществления, в которых приведение материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, образует насыщенный раствор для выщелачивания, включающий основной металл. В вариантах осуществления, в которых процесс включает рекуперацию основного металла (например, из насыщенного раствора для выщелачивания), в качестве процесса рекуперации основного металла возможен любой подходящий процесс, выбор которого предоставляется специалисту в данной области техники. Например, если материал включает халькопирит, в присутствии смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, в качестве катализатора, обеспечивают следующую реакцию:



[00123] После окисления халькопирита возникает возможность рекуперации растворенной меди (например, из насыщенного раствора для выщелачивания). При осуществлении настоящего изобретения рекуперация основного металла (такого как

медь) включает экстрагирование растворителем и электролитическое выделение. В одном варианте осуществления перед экстрагированием растворителем процесс также включает разделение твердой и жидкой фаз.

[00124] В другом варианте осуществления процесс также включает рекуперацию реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу. Например, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, рекуперирован из насыщенного раствора для выщелачивания в вариантах осуществления, в которых приведение материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, образует насыщенный раствор для выщелачивания, включающий основной металл. Например, в некоторых вариантах осуществления, присутствуют ионы железа и меди (например, в насыщенном растворе для выщелачивания). Специалисту в данной области техники станет понятно, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, способен образовывать различные устойчивые комплексы с ионами меди. Экстрагенты, традиционно используемые для экстрагирования ионов меди растворителем, такие как гидроксиксимы и альдоксимы, являются сильными комплексообразователями для ионов меди. Экстрагенты способны изменять равновесие между ионами меди и реагентом, включающим тиокарбонильную карбонильную группу, действующую в качестве лиганда, высвобождая реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, из комплекса меди. При поступлении свободного реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, в раствор рафината, реагент рециркулирует для дальнейшего контактирования с материалом. Соответственно, в одном варианте осуществления экстрагирование растворителем включает контактирование катионов основного металла (например, в насыщенном растворе для выщелачивания) с экстрагентом для катионов основного металла в присутствии органического растворителя. Специалист в данной области техники сможет выбрать подходящий органический растворитель или их комбинацию в зависимости от извлекаемого катиона основного металла. В одном варианте осуществления органический растворитель является алифатическим растворителем, ароматическим растворителем или их комбинацией. В другом варианте осуществления органический растворитель включает керосин, алкилированные ароматические углеводороды, циклопарафины или их комбинации. Специалист в данной области техники также сможет выбрать соответствующий экстрагент для катиона основного металла. В одном варианте осуществления экстрагентом для катиона основного металла является альдоксим, кетоксим или их комбинации. В другом варианте осуществления

контактирование также осуществляют в присутствии сложноэфирного модификатора, алкилфенольного модификатора или их комбинаций. Во время экстрагирования растворителем, катионы основных металлов декомплексуются из реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, таким образом, освобождая реагент, что позволяет извлекать катионы основных металлов (например, из насыщенного раствора для выщелачивания) в органический растворитель. Свободный реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, остается в водной фазе. В некоторых вариантах осуществления удержание свободного реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, в водной фазе во время экстрагирования растворителем для образования рафината, включающего свободный реагент, осуществляют при помощи присутствующего галогенида, например, хлорида, бромида или йодида (например, в насыщенном растворе для выщелачивания). В результате отделения органического растворителя от водной фазы образуется лишенный катиона основного металла рафинат, включающий свободный реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, и обогащенная катионом основного металла органическая фаза, включающая органический растворитель и катионы основного металла. Смачивающее средство также остается практически в водной фазе. Затем обогащенный катионом основного металла раствор подвергают обработке (например, путем применения процесса, включающего электролитическое выделение) для рекуперации основного металла. Рафинат необязательно подвергают рециркуляции для применения в процессе. Соответственно, в некоторых вариантах осуществления процесс необязательно также включает рециркуляцию восстановленного реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для применения в контактировании с другой частью материала. В некоторых вариантах осуществления добавляют дополнительный реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу (или его димер) для достижения нужной концентрации перед контактированием с материалом. В некоторых вариантах осуществления добавляют восстанавливающий агент перед контактированием с материалом. В одном варианте осуществления восстанавливающим агентом является H_2S , $NaSH$ или Zn . В одном варианте осуществления восстанавливающий агент добавляют в количестве, обеспечивающим в результате соотношение реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу (например, тиомочевины) : соответствующего димера (например, ФДС) в диапазоне от приблизительно 0,5:1 до приблизительно 9:1.

[00125] Приведение материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, осуществляют в любых

подходящих условиях температуры и давления. Например, контактирование осуществляют при температуре выше 0 °С и до приблизительно 80 °С. Однако контактирование в процессах согласно настоящему изобретению предпочтительно осуществляют при температуре (например, от приблизительно 5 °С до приблизительно 40 °С или от приблизительно 15 °С до приблизительно 25 °С) и давлении (т. е., приблизительно 1 атм) окружающей среды. Атмосферное давление может быть разным в зависимости от высоты. Специалисту в данной области техники также станет понятно, что подходящая температура зависит, например, от конкретного смачивающего средства или их комбинации и соответствующих верхних и нижних критических температур.

[00126] В одном варианте осуществления процесс является периодическим процессом.

[00127] В одном варианте осуществления процесс является непрерывным процессом.

[00128] В одном варианте осуществления материал по меньшей мере частично располагается в реакторе. В возможном варианте реактор является биореактором. В возможном варианте материал перемешивают. В возможном варианте материал перемешивают со скоростью от приблизительно 50 об/мин до приблизительно 500 об/мин. В возможном варианте материал включает шлифованный материал. В возможном варианте материал приводят в контакт на период менее чем приблизительно 10 дней. В возможном варианте материал отрезают от большого куска материала.

[00129] Настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, в процессе извлечения основного металла из материала, включающего основной металл. В одном варианте осуществления процесс является любым процессом извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, как описывается авторами.

[00130] Настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, в процессе извлечения (т. е., выщелачивания) и, необязательно, рекуперации основного металла из материала, включающего основной металл. В одном варианте осуществления процесс включает рекуперацию основного металла. Соответственно, настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, в процессе извлечения (т. е.,

выщелачивания) и рекуперации основного металла из материала, включающего основной металл. В другом варианте осуществления применение не включает рекуперацию основного металла. Соответственно, настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, в процессе извлечения (т. е., выщелачивания) основного металла из материала, включающего основной металл. В одном варианте осуществления процесс является любым процессом извлечения (т. е., выщелачивания) и, необязательно, рекуперации основного металла из материала, включающего основной металл, как описывается авторами.

[00131] Настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, причем материал приводят в контакт в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

[00132] Настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для извлечения (например, выщелачивания) и, необязательно, рекуперации основного металла из материала, включающего основной металл, причем материал приводят в контакт в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу. В одном варианте осуществления применение включает рекуперацию основного металла. Соответственно, настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для извлечения (т. е., выщелачивания) и рекуперации основного металла из материала, включающего основной металл, причем материал приводят в контакт в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу. В другом варианте осуществления применение не включает рекуперацию основного металла. Соответственно, настоящее изобретение также включает применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для извлечения (т. е., выщелачивания) основного металла из материала, включающего основной металл, причем материал приводят в контакт в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

[00133] Материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом,

включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения подходящего процесса.

[00134] В одном варианте осуществления материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения процесса, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

[00135] В одном варианте осуществления кислотная смесь также включает смачивающее средство и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения процесса, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу. В другом варианте осуществления материал агломерируют перед контактом. В альтернативном варианте осуществления материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, путем применения процесса, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью. Процессы агломерирования хорошо известны специалистам в данной области техники, и подходящий процесс агломерации может быть выбран специалистом.

[00136] В некоторых вариантах осуществления, кислотная смесь также включает окисляющий агент. В качестве окисляющего агента возможен любой подходящий окисляющий агент или их комбинация, выбор которых предоставляется специалисту в данной области техники. В одном варианте осуществления окисляющий агент включает кислород, источник ионов Fe^{3+} или их комбинации. В другом варианте осуществления окисляющий агент включает источник ионов Fe^{3+} (трехвалентного железа). Например, в возможном варианте окисляющий агент включает соль, такую как сульфат трехвалентного железа (также известный как сульфат железа (III) или $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), действующую как прямой источник ионов Fe^{3+} , и/или такую соль, как сульфат двухвалентного железа (также известный как сульфат железа (II) или FeSO_4), действующую как прямой источник ионов Fe^{2+} , способных, например, окисляться до ионов Fe^{3+} , например, окисляющимися железобактериями. В возможном варианте соль является водорастворимой. В другом варианте осуществления окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа. В другом варианте осуществления источник ионов трехвалентного железа включает ионы трехвалентного железа, генерируемые, по меньшей мере частично, окисляющимися железобактериями. В одном варианте

осуществления кислотная смесь включает раствор трехвалентного железа. В другом варианте осуществления кислотная смесь включает раствор сульфата трехвалентного железа. В еще одном варианте осуществления кислотная смесь включает среду трехвалентного железа. В другом варианте осуществления кислотная смесь включает раствор сульфата двухвалентного железа. В другом варианте осуществления раствор сульфата двухвалентного железа обеспечивает источник ионов Fe^{2+} , которые окисляются до ионов Fe^{3+} окисляющими железом бактериями. В кислотной смеси возможна любая подходящая концентрация окисляющего агента, такого как сульфат трехвалентного железа. В одном варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, окисляющий агент, например, сульфат трехвалентного железа присутствует в кислотной смеси в концентрации менее 10 г/л Fe^{3+} . В другом варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, окисляющий агент, например, сульфат трехвалентного железа, присутствует в кислотной смеси в концентрации от приблизительно 0,5 г/л до приблизительно 40 г/л, от приблизительно 1,5 г/л до приблизительно 3 г/л или от приблизительно 2 г/л до приблизительно 2,5 г/л Fe^{3+} .

[00137] В некоторых вариантах осуществления, материал, включающий основной металл, (например, руда, содержащая сульфид основного металла) также включает окисляющие железом бактерии. В некоторых вариантах осуществления, кислотная смесь также включает окисляющие железом бактерии. В качестве окисляющих железом бактерии возможны любые подходящие окисляющие железом бактерии или их комбинация (консорциум), выбор которых предоставляется специалисту в данной области техники. В одном варианте осуществления окисляющие железом бактерии включают *Acidomyobacilos ferrooxidans*.

[00138] Материал, включающий основной металл, является любым подходящим материалом, включающим основной металл или их комбинацию, которые поддаются извлечению с применением процесса согласно настоящему изобретению. Например, в одном варианте осуществления материал, включающий основной металл, является материалом, включающим сульфид основного металла, электронный лом, включающий основной металл, или любой другой подходящий материал, включающий основной металл или их комбинации. В возможном варианте электронный лом включает печатные платы, батареи или другие металлосодержащие отходы, или их комбинацию.

В одном варианте осуществления материал, включающий основной металл, является материалом, включающим сульфид основного металла.

[00139] К подходящим основным металлам относятся, помимо прочих, медь, никель, железо, алюминий, свинец, цинк, олово, вольфрам, молибден, тантал, магний, кобальт, висмут, кадмий, титан, цирконий, сурьма, марганец, бериллий, хром, германий, ванадий, галлий, гафний, индий, ниобий (также иногда указываемый как колумбий), рений, таллий и их комбинации. В одном варианте осуществления основной металл включает медь, никель, цинк или их комбинации. В другом варианте осуществления к основным металлам относится медь. В другом варианте осуществления основным металлом является медь. В одном варианте осуществления материал включает руду. В одном варианте осуществления материал включает содержащую сульфид меди руду. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает первичный сульфид меди (например, халькопирит, борнит, энаргит или их комбинации), вторичный сульфид меди (например, ковеллин, халькозин или их комбинации) или их комбинации. В одном варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает первичный сульфид меди. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает вторичный сульфид меди. В еще одном варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает комбинацию первичного сульфида меди и вторичного сульфида меди. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации. В одном варианте осуществления сульфидом меди формулы Cu_xS_y , в котором соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, является халькозин, джарлеит, дигенит или их комбинации. В другом варианте осуществления содержащая сульфид меди руда включает халькопирит. Руды, содержащие сульфид основного металла, отличные от содержащих сульфид меди руд, хорошо известны специалистам в данной области техники. В одном варианте осуществления материал включает содержащую сульфид никеля руду. В другом варианте осуществления содержащая сульфид никеля руда включает пентландит, виоларит или их комбинации. В одном возможном варианте осуществления руда является сульфидной рудой. В возможном варианте сульфидная руда включает первичный сульфид, вторичный сульфид или их комбинацию.

[00140] Кислотные условия являются любыми подходящими кислотными условиями, выбор которых предоставляется специалисту в данной области техники. В некоторых вариантах осуществления добавляют серную кислоту для получения

кислотных условий. В одном варианте осуществления перед контактом уровень pH кислотной смеси составляет от приблизительно 0,5 до приблизительно 4, от приблизительно 1 до приблизительно 3 или от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5. В другом варианте осуществления уровень pH кислотной смеси составляет приблизительно 2.

[00141] В качестве реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, возможен любой подходящий реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу. Например, подходящие реагенты, включающие тиокарбонильную функциональную группу, в возможном варианте характеризуются функциональной группой C=S, включающей серу, несущую частичный отрицательный заряд, имеющую поверхность отрицательного электростатического потенциала и включающую пустую π^* -антисвязывающая орбиталь в качестве низшей незанятой молекулярной орбитали (LUMO), при условии, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, является по меньшей мере частично растворимым в воде и предпочтительно не образует значительного комплекса с основным металлом и/или (при наличии) окисляющим агентом для образования нерастворимых осадков. Некоторые реагенты, включающие тиокарбонильную функциональную группу, способны окисляться для образования соответствующего димера. Например, тиомочевина, в присутствии подходящего окислителя, такого как сульфат трехвалентного железа, способна окисляться для образования димера формамидин дисульфида (ФДС). Существует равновесие между ФДС и тиомочевинной в растворе сульфата трехвалентного железа, и, таким образом, например, кислотная смесь, приготовленная с димером реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу (например, ФДС), обеспечивает реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу (например, тиомочевину), для контактирования с материалом. Соответственно, в одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в форме соответствующего димера. В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в мономерной форме (т. е., в форме реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу).

[00142] В одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает N-N' замещенные тиомочевины; 2,5-дитиобимочевину; дитиобиурет; тиосемикарбазид *purum*; тиосемикарбазид;

тиоацетамид; 2-метил-3-тиосемикарбазид; 4-метил-3-тиосемикарбазид; винилентритиокарбонат *rigum*; винилентритиокарбонат; 2-цианотиоацетамид; этилентритиокарбонат; этилксантогеновокислый калий; диметилтиокарбамоил хлорид; диметилдитиокарбамат; диметилтретиокарбонат; N,N-диметилтиоформаид; 4,4-диметил-3-тиосемикарбазид; 4-этил-3-тиосемикарбазид; O-изопропилксантогеновая кислота; этилтиооксамат; этилдитиоацетат; пиразин-2-тиокарбоксамид; диэтилтиокарбамоил хлорид; диэтилдитиокарбамат; тетраметилтиурам моносульфид; тетраметилтиурам дисульфид; пентафторофенил хлортионоформат; 4-фторофенил хлортионоформат; O-фенил хлортионоформат; фенил хлордитиоформат; 3,4-дифтортиобензамид; 2-бромтиобензамид; 3-бромтиобензамид; 4-бромтиобензамид; 4-хлортиобензамид; 4-фторотиобензамид; тиобензойная кислота; тиобензамид; 4-фенилтиосемикарбазид; O-(p-толил) хлортионоформат; 4-бром-2-метилтиобензамид; 3-метокситиобензамид; 4-метокситиобензамид; 4-метилбензолтиоамид; тиоацетанилид; салицилальдегид тиосемикарбазон; индол-3-тиокарбоксамид; S-(тиобензоил)тиогликолевая кислота; 3-(ацетокси)тиобензамид; 4-(ацетокси)тиобензамид; метил N'-[(e)-(4-хлорфенил)метилен]гидразонотиокарбамат; 3-этокситиобензамид; 4-этилбензол-1-тиокарбоксамид; трет-бутил 3-[(метилсульфонил)окси]-1-азетанкарбоксилат; диэтилдитиокарбаминовая кислота; 2-(фенилкарбонотиоилтио)-пропановая кислота; 2-гидроксibenзальдегид N-этилтиосемикарбазон; (1R,4R)-1,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гептан-2-тион; тетраэтилтиурам дисульфид; 4'-гидроксибифенил-4-тиокарбоксамид; 4-бифенилтиоамид; дитизон; 4'-метилбифенил-4-тиокарбоксамид; тетраизопропилтиурам дисульфид; антрацен-9-тиокарбоксамид; фенантрен-9-тиокарбоксамид; дибензилдитиокарбамат натрия; 4,4'-бис(диметиламино)тиобензофенон; или их комбинации. В одном варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину. В другом варианте осуществления реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, не включает тиомочевину.

[00143] В кислотной смеси возможна любая подходящая концентрация реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу. В вариантах осуществления, в которых реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в форме соответствующего димера, указанная авторами концентрация

реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, означает концентрацию, рассчитанную для ситуации, когда весь димер был диссоциирован в реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу. В одном варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации приблизительно 0,002 мМ или более, приблизительно 0,02 мМ или более, приблизительно 0,1 мМ или более, приблизительно 0,2 мМ или более, приблизительно 0,25 мМ или более, приблизительно 0,3 мМ или более, приблизительно 0,4 мМ или более, приблизительно 0,5 мМ или более, приблизительно 0,6 мМ или более, приблизительно 0,7 мМ или более, приблизительно 0,8 мМ или более, приблизительно 0,9 мМ или более, приблизительно 1,0 мМ или более, приблизительно 1,5 мМ или более, приблизительно 2 мМ или более, приблизительно 2,5 мМ или более, приблизительно 3 мМ или более, приблизительно 4 мМ или более, приблизительно 5 мМ или более, приблизительно 10 мМ или более, приблизительно 20 мМ или более, приблизительно 30 мМ или более или приблизительно 60 мМ или более. В одном варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации приблизительно 100 мМ или менее, приблизительно 60 мМ или менее или приблизительно 30 мМ или менее. В другом варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации приблизительно 20 мМ или менее. В некоторых вариантах осуществления, применяют более низкую концентрацию реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу. Соответственно, в другом варианте осуществления настоящего изобретения, перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации приблизительно 10 мМ или менее, приблизительно 5 мМ или менее, приблизительно 4 мМ или менее, приблизительно 3 мМ или менее, приблизительно 2,5 мМ или менее, приблизительно 2 мМ или менее, приблизительно 1,5 мМ или менее, приблизительно 1,0 мМ или менее, приблизительно 0,9 мМ или менее, приблизительно 0,8 мМ или менее, приблизительно 0,75 мМ или

менее, приблизительно 0,7 мМ или менее, приблизительно 0,6 мМ или менее, приблизительно 0,5 мМ или менее, приблизительно 0,4 мМ или менее, приблизительно 0,3 мМ или менее, приблизительно 0,2 мМ или менее, приблизительно 0,02 мМ или менее или приблизительно 0,002 мМ или менее. Специалисту в данной области техники станет понятной взаимозаменяемость таких вариантов осуществления любым подходящим способом. Например, в другом варианте осуществления перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включен в кислотную смесь в концентрации от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 60 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 20 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 2 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 0,2 мМ, от приблизительно 0,002 мМ до приблизительно 0,02 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 60 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 20 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 2 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,02 мМ до приблизительно 0,2 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 60 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 20 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 2 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 2 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 2 мМ до приблизительно 60 мМ, от приблизительно 2 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 2 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 2 мМ до приблизительно 20 мМ, от приблизительно 2 мМ до

приблизительно 10 мМ, от приблизительно 2 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 10 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 10 мМ до приблизительно 60 мМ, от приблизительно 10 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 10 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 10 мМ до приблизительно 20 мМ, от приблизительно 30 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 30 мМ до приблизительно 60 мМ, от приблизительно 30 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 50 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 60 мМ до приблизительно 100 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 4 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 3 мМ, от приблизительно 0,25 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,2 мМ до приблизительно 1,5 мМ, от приблизительно 0,25 мМ до приблизительно 0,75 мМ, от приблизительно 1,5 мМ до приблизительно 2,5 мМ или приблизительно 0,5 мМ до приблизительно 2 мМ.

[00144] В альтернативных вариантах осуществления, в которых реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в форме соответствующего димера (например, ФДС), перед приведением материала в контакт со смачивающим средством и реагентом реагент добавляют в любой подходящей концентрации. Значения концентрации, указанные ниже для ФДС, означают концентрацию, рассчитанную для ситуации, когда ФДС не был диссоциирован в тиомочевину. В одном варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 0,001 мМ или более, приблизительно 0,01 мМ или более, приблизительно 0,05 мМ или более, приблизительно 0,1 мМ или более, приблизительно 0,125 мМ или более, приблизительно 0,15 мМ или более, приблизительно 0,2 мМ или более, приблизительно 0,25 мМ или более, приблизительно 0,3 мМ или более, приблизительно 0,35 мМ или более, приблизительно 0,4 мМ или более, приблизительно 0,45 мМ или более, приблизительно 0,5 мМ или более, приблизительно 0,75 мМ или более, приблизительно 1 мМ или более, приблизительно 1,25 мМ или более, приблизительно 1,5 мМ или более, приблизительно 2 мМ или более, приблизительно 2,5 мМ или более, приблизительно 5 мМ или более, приблизительно 10 мМ или более, приблизительно 15 мМ или более или приблизительно 30 мМ или более. В одном варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 50 мМ или менее, приблизительно 30 мМ или менее или приблизительно 15 мМ или менее. В другом варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 10 мМ или менее. В некоторых вариантах осуществления применяют меньшую концентрацию ФДС. Соответственно, в

другом варианте осуществления настоящего изобретения ФДС включен в кислотные условия в концентрации приблизительно 5 мМ или менее, приблизительно 2,5 мМ или менее, приблизительно 2 мМ или менее, приблизительно 1,5 мМ или менее, приблизительно 1,25 мМ или менее, приблизительно 1 мМ или менее, приблизительно 0,75 мМ или менее, приблизительно 0,5 мМ или менее, приблизительно 0,45 мМ или менее, приблизительно 0,4 мМ или менее, приблизительно 0,375 мМ или менее, приблизительно 0,35 мМ или менее, приблизительно 0,3 мМ или менее, приблизительно 0,25 мМ или менее, приблизительно 0,2 мМ или менее, приблизительно 0,15 мМ или менее, приблизительно 0,1 мМ или менее, приблизительно 0,01 мМ или менее или приблизительно 0,001 мМ или менее. Специалисту в данной области техники станет понятной взаимозаменяемость таких вариантов осуществления любым подходящим способом. Например, в другом варианте осуществления ФДС включен в кислотные условия в концентрации в диапазоне от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,25 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,1 мМ, от приблизительно 0,001 мМ до приблизительно 0,01 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 0,25 мМ, от приблизительно 0,01 мМ до приблизительно 0,1 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 2,5 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 1 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 0,5 мМ, от приблизительно 0,1 мМ до приблизительно 0,25 мМ, от

приблизительно 1 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 1 мМ до приблизительно 5 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 15 мМ, от приблизительно 5 мМ до приблизительно 10 мМ, от приблизительно 15 мМ до приблизительно 50 мМ, от приблизительно 15 мМ до приблизительно 30 мМ, от приблизительно 15 мМ до приблизительно 25 мМ, от приблизительно 25 мМ до приблизительно 50 мМ или от приблизительно 30 мМ до приблизительно 50 мМ.

[00145] В качестве смачивающего средства возможно любое подходящее смачивающее средство или их комбинация. В одном возможном варианте осуществления смачивающее средство включает неионное смачивающее средство. В качестве неионного смачивающего средства возможно любое подходящее неионное смачивающее средство или их комбинация. Количество смачивающего средства, применяемого в процессах согласно настоящему изобретению, является любым подходящим количеством. Например, специалисту в данной области техники станет понятно, что в вариантах осуществления, в которых присутствуют окисляющие железо бактерии, количество является совместимым с присутствием таких бактерий, и его предпочтительно выбирают таким образом, чтобы не наблюдалось значительного различия в росте бактерий и/или их способности к окислению железа. В одном варианте осуществления кислотная смесь включает смачивающее средство, и перед приведением материала в контакт с неионное смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, смачивающее средство включено в кислотную смесь в концентрации от приблизительно 0,001 г/л до приблизительно 1 г/л, приблизительно 0,005 г/л до приблизительно 0,5 г/л или от приблизительно 0,01 г/л до приблизительно 0,1 г/л. Специалисту в данной области техники также станет понятно, что в вариантах осуществления, в которых материал агломерируют в присутствии смачивающего средства, в результате такой агломерации возможна потеря поверхностно-активного вещества, и может возникнуть потребность в добавлении дополнительного смачивающего средства до и/или во время процесса с учетом такой потери.

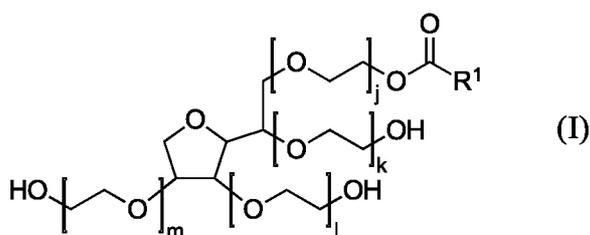
[00146] В одном возможном варианте осуществления неионное смачивающее

средство включает неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество, полиэтиленгликоль или их комбинации. В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство является неионным этоксилатным поверхностно-активным веществом. В качестве неионного этоксилатного поверхностно-активного вещества возможно любое подходящее неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество или их комбинация. В другом варианте осуществления неионное смачивающее средство является полиэтиленгликолем. В качестве полиэтиленгликоля возможен любой подходящий полиэтиленгликоль или их комбинация. Например, специалисту в данной области техники станет понятно, что полиэтиленгликоли с низкой молекулярной массой (например, менее чем приблизительно 2000 г/моль) являются подходящими смачивающими средствами. В возможном варианте полиэтиленгликоль имеет молекулярную массу менее 2000 г/моль. В возможном варианте полиэтиленгликоль имеет молекулярную массу менее 20 000 г/моль. В возможном варианте полиэтиленгликоль имеет молекулярную массу приблизительно 200 г/моль до приблизительно 2,000 г/моль, от приблизительно 2000 г/моль до приблизительно 20 000 г/моль или приблизительно 20 000 г/моль. В одном варианте осуществления полиэтиленгликоль имеет среднюю молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 600 г/моль или приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль. В другом варианте осуществления полиэтиленгликолем является полиэтиленгликоль 200. В еще одном возможном варианте осуществления неионное смачивающее средство включает комбинацию неионного этоксилатного поверхностно-активного вещества и полиэтиленгликоля.

[00147] В одном варианте осуществления неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира полиэтиленгликоля и их комбинаций. В другом возможном варианте осуществления неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество включает комбинацию полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы и/или алкилового эфира полиэтиленгликоля.

[00148] В одном возможном варианте осуществления неионное смачивающее средство включает полисорбат. В качестве полисорбат возможен любой подходящий полисорбат или их комбинация.

[00149] В одном возможном варианте осуществления полисорбат включает одно или несколько соединений формулы (I):



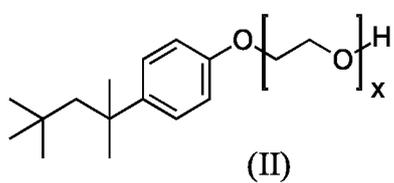
где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + l + m = 20$. В одном варианте осуществления R^1 является C_{4-30} алкилом или C_{4-30} алкенилом. В другом варианте осуществления R^1 является C_{10-20} алкилом или C_{10-20} алкенилом.

[00150] В одном варианте осуществления полисорбатом является полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации. Специалисту в данной области техники станет понятно, что коммерческие источники таких полисорбатов возможны в форме комбинаций соединений Формулы (I), включающих различные R^1 группы. Например, в возможном варианте коммерческий источник полисорбата 20 включает TweenTM 20 (полиэтиленгликольсорбитмонолаурат), который в возможном варианте включает соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{10}CH_3$ (т. е., сложным эфиром этоксилированного сорбита с лауриновой кислотой) в количестве, которое превышает или равняется приблизительно 40 %, причем остальную часть главным образом составляют соединения Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{12}CH_3$, $-(CH_2)_{14}CH_3$, и $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., а сложным эфиром миристиновой кислоты, сложным эфиром этоксилированного сорбита с пальмитиновой кислотой и стеариновой кислотой, соответственно). В возможном варианте коммерческий источник полисорбата 40 включает TweenTM 40 (полиэтиленгликоль сорбитмонопальмитат), который в возможном варианте включает соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{14}CH_3$ (т. е., сложным эфиром этоксилированного сорбита с пальмитиновой кислотой) в количестве приблизительно 90 %, причем остальную часть главным образом составляет соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., сложным эфиром этоксилированного сорбита со стеариновой кислотой). В возможном варианте коммерческий источник полисорбата 60 включает TweenTM 60 (полиэтиленгликольсорбитмоностеарат), который в возможном варианте включает соединение Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., сложным эфиром этоксилированного сорбита со стеариновой кислотой) в количестве от приблизительно 40 % до приблизительно 60 %, с общим количеством соединений Формулы (I), причем R^1 является $-(CH_2)_{14}CH_3$ и $-(CH_2)_{16}CH_3$ (т. е., сложным эфиром этоксилированного сорбита с пальмитиновой кислотой и стеариновой кислотой, соответственно), которое превышает или равняется приблизительно 90 %. В

возможном варианте коммерческий источник полисорбата 80 включает TweenTM 80 (полиэтиленгликоль сорбитмоноолеат), который в возможном варианте включает соединение Формулы (I), причем R¹ является $-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$ (в котором двойная связь существует в цис-конфигурации; т. е., сложный эфир этоксилированного сорбита с олеиновой кислотой), которое превышает или равняется приблизительно 58 %, причем остальную часть главным образом составляют соединения Формулы (I), причем R¹ является $-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ (в котором двойная связь существует в цис-конфигурации), $-(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ и $-(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3$ (т. е., сложный эфир этоксилированного сорбита линолевой кислотой, пальмитиновой кислотой и стеариновой кислотой, соответственно). В одном возможном варианте осуществления полисорбат включает поверхностно-активное вещество серии TweenTM. В одном возможном варианте осуществления полисорбат включает полисорбат 20 (например, TweenTM 20). В другом возможном варианте осуществления полисорбат включает полисорбат 40 (например, TweenTM 40). В другом возможном варианте осуществления полисорбат включает полисорбат 60 (например, TweenTM 60). В другом возможном варианте осуществления полисорбат включает полисорбат 80 (например, TweenTM 80). В другом возможном варианте осуществления полисорбат включает комбинацию полисорбата 20, полисорбата 40, полисорбата 60 и/или полисорбата 80 (например, комбинацию TweenTM 20, TweenTM 40, TweenTM 60 и/или TweenTM 80).

[00151] В одном варианте осуществления неионное смачивающее средство включает алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля. В качестве алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля возможен любой подходящий алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля или их комбинация.

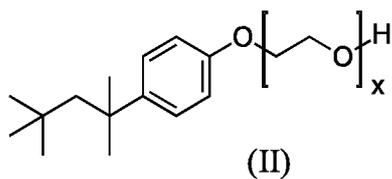
[00152] В одном варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой одно или несколько соединений Формулы (II):



, где x равняется 5 - 20.

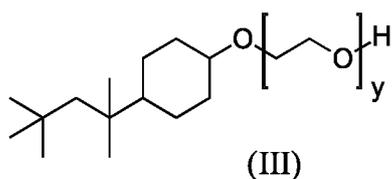
[00153] В одном варианте осуществления x равняется 5 - 15. В другом варианте осуществления x равняется 7 - 10. В еще одном варианте осуществления x равняется 9 - 10. Специалисту в данной области техники станет понятно, что в возможных вариантах коммерческие источники таких алкилфениловых эфиров полиэтиленгликолей включают комбинации соединений Формулы (II), включающих разные значения для x.

Например, Triton™ X-100 является комбинацией соединений Формулы (II), где x равняется 9 - 10. Соответственно, в одном варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля является комбинацией соединений Формулы (II):



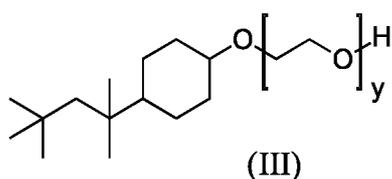
, где x равняется 9 - 10.

[00154] В одном возможном варианте осуществления неионное смачивающее средство включает алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля в восстановленной форме. В качестве алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля в восстановленной форме возможен любой подходящий алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля в восстановленной форме или их комбинация. В одном возможном варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля в восстановленной форме включает одно или несколько соединений Формулы (III):



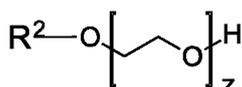
, где y равняется 5 - 20.

[00155] В одном варианте осуществления y равняется 5 - 15. В другом варианте осуществления y равняется 7 - 10. В еще одном варианте осуществления y равняется 9 - 10. В другом возможном варианте осуществления алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля в восстановленной форме включает комбинацию соединений Формулы (III):



, где y равняется 9 - 10.

[00156] В одном возможном варианте осуществления неионное смачивающее средство включает алкиловый эфир полиэтиленгликоля. В качестве алкилового эфира полиэтиленгликоля возможен любой подходящий алкиловый эфир полиэтиленгликоля или их комбинация. В другом возможном варианте осуществления настоящего изобретения алкиловый эфир полиэтиленгликоля включает одно или несколько соединений Формулы (IV):



(IV), где R^2 является C_{6-30} алкилом, и z равняется 3 - 20.

[00157] В одном варианте осуществления R^2 является C_{10-14} алкилом. В другом варианте осуществления R^2 равняется $-(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$. В одном варианте осуществления z равняется 4 - 9. В другом варианте осуществления z равняется 5. В еще одном варианте осуществления z равняется 8.

[00158] Приведение материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, осуществляют в любых подходящих условиях температуры и давления. Например, контактирование осуществляют при температуре более $0\text{ }^\circ\text{C}$ и до приблизительно $80\text{ }^\circ\text{C}$. Однако контактирование при применении настоящего изобретения предпочтительно осуществляют при температуре (например, от приблизительно $5\text{ }^\circ\text{C}$ до приблизительно $40\text{ }^\circ\text{C}$ или от приблизительно $15\text{ }^\circ\text{C}$ до приблизительно $25\text{ }^\circ\text{C}$) и давлении (т. е., приблизительно 1 атм) окружающей среды. Атмосферное давление может быть разным в зависимости от высоты. Специалисту в данной области техники также станет понятно, что подходящая температура зависит, например, от конкретного смачивающего средства или их комбинация и соответствующих верхних и нижних критических температур.

[00159] Представленные далее неограничивающие примеры являются лишь иллюстративными для пояснения настоящего изобретения:

ПРИМЕРЫ

[00160] Общие условия выщелачивания в реакторе, применяемые в примерах, включали 2,2 г/л Fe^{3+} , полученного из сульфата трехвалентного железа ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), который доводили серной кислотой до pH приблизительно 2 для всех экспериментов. Указанное количество измельченного в порошок халькопирита (CuFeS_2), халькозина (Cu_2S) или энаргита (Cu_3AsS_4) в качестве смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу (или эквивалент, такой как формамидин дисульфид), затем добавляли к смеси для выщелачивания. Все образцы халькопирита, используемые в примерах, были взяты из природных минералов, содержащих 33,4 % меди согласно анализу с применением атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES). Халькозин, применяемый в экспериментах, является химически чистым реагентом от Sigma Aldrich. Образец

энаргита, используемый в эксперименте, был получен из природного минерала, содержащего 69,9 % энаргита в качестве единственного источника меди. Для природных минералов не выполняли предварительной обработки, кроме измельчения в порошок. *Acidomicrobium ferrooxidans*, окисляющие железо бактерии, которые обычно применяют при кислотном кучном выщелачивании, включали в среду выщелачивания. Бактерии культивировали из модифицированной среды Келли (МКМ; содержащей 0,4 г/л сульфата аммония, 0,4 г/л сульфата магния и 0,04 г/л дигидрофосфата калия). Ту же бактериальную культуру применяли во всех испытаниях биовыщелачивания. 1 мл/л культуры добавляли в каждый биореактор перед испытанием, и других поддерживающих мер не предпринимали. Минералы перемешивали в биореакторах при приблизительно 500 об/мин при температуре и атмосфере окружающей среды. Колонное биовыщелачивание также осуществляли с применением того же выщелачивателя, содержащего 2,2 г/л Fe^{3+} , полученного из сульфата трехвалентного железа ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), который доводили серной кислотой до pH приблизительно 2 для всех экспериментов. Выщелачиватель также инокулировали той же бактерией *Acidomicrobium ferrooxidans*, что и реакторы. 1,6 кг низкосортных халькопиритов, содержащих 0,52 % меди применяли для каждой колонны диаметром 10 см и высотой 20 см. Выщелачиватель заливали из верхней части колонны со скоростью 1 л в день. Синергизм процесса количественно определяли путем использования сравнительной интенсивности выщелачивания. Для нелинейного характера выщелачивания мгновенную интенсивность выщелачивания за время t_i вычисляют по взвешенным значениям центральной разности по формуле:

$$\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t_i} \approx \left(\frac{t_{i+1} - t_i}{t_{i+1} - t_{i-1}} \right) \left(\frac{y_i - y_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \right) + \left(\frac{t_i - t_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \right) \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{t_{i+1} - t_i} \right),$$

и сравнительную интенсивность выщелачивания (без синергизма) выражают как:

$$R_{\text{расчетный}} = R_{\text{контроль}} \left(\frac{R_{\text{ПАВ}}}{R_{\text{контроль}}} \right) \left(\frac{R_{\text{катализатор}}}{R_{\text{контроль}}} \right)$$

Таким образом, показатель синергизма определяют как

$$\left(\frac{R_{\text{экспериментальный}}}{R_{\text{расчетный}}} \right)$$

Для этого числового показателя:

> 1 означает, что два эффекта имеют положительный синергизм;

= 1 означает, что эффекта не зависят друг от друга, и синергизм отсутствует;

< 1 означает, что два эффекта имеют отрицательный синергизм.

Пример 1

[00161] В этом примере применяли тиомочевину и TweenTM 20, неионное поверхностно-активное вещество полиэтиленгликольсорбитмонолаурат. В каждом испытании использовали 5 граммов измельченного в порошок минерала халькопирита (CuFeS_2) и 1 л выщелачивателя. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“TU”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание Tween 20 (“Tween20”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 мл⁻¹ Tween 20 в начале испытания. Испытание тиомочевины и Tween 20 (“TU + Tween20”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины и 30 мл⁻¹ Tween 20.

[00162] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или только Tween 20 повышало извлечение меди (см. Фигуру 1; процент извлечения меди для испытания “TU” и “Tween20” по сравнению с испытанием (“Контроль”). Однако при комбинировании тиомочевины и Tween 20 два соединения (“TU + Tween20”) создавали значительный синергетический эффект. При сравнении результатов, полученных на 600-й час, наблюдали, что добавление только Tween 20 к контрольным условиям улучшило извлечение на 14,76 % (с 8,21 до 21,03 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 19,97 % (с 8,21 до 21,03 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 61,07 % (с 8,21 до 69,28 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма = 3.9975. Результаты показывают, что Tween 20 создает сильный синергетический эффект с тиомочевинной в катализированном выщелачивании халькопирита.

Пример 2

[00163] Испытания в этом примере осуществляли так же, как в Примере 1, за исключением определенных значений концентрации, как описывается авторами. Для всех испытаний, осуществляемых в Примере 2, использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита и 0,5 мМ тиомочевины. В каждый биореактор добавляли разное количество Tween 20 от 0 до 200 мл⁻¹ для изучения эффекта концентрации Tween 20 при комбинации с тиомочевинной. На Фигуре 2 показаны

результаты извлечения меди для каждого испытания через 750 ч. “Tu+0Tw, Tu+10Tw, Tu+50Tw, Tu+100Tw, Tu+200Tw” представляют комбинацию 0,5 мМ тиомочевины с 0, 10, 50, 100 и 200 млн⁻¹ Tween 20, соответственно.

Пример 3

[00164] В этом примере применяли тиомочевину Triton™ X-100 (Tx100), неионное поверхностно-активное вещество, содержащее полиэтиленоксидную цепь. В каждом испытании использовали 5 г измельченного в порошок минерала халькопирита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“TU”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание Tx100 (“Tx100”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн⁻¹ Tx100 в начале испытания. Испытание тиомочевины и Tx100 (“TU + Tx100”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины и 30 млн⁻¹ Tx100.

[00165] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или только Tx100 повышало извлечение меди (см. Фигуру 3; процент рекуперации меди для испытания “TU” и “Tx100” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании TU и Tx100 в испытании “TU+Tx100” два соединения создавали значительный синергетический эффект на Фигуре 3 для времени приблизительно 600 часов. Например, при сравнении результатов, полученных на 600-й час, наблюдали, что добавление только Tx100 к контрольным условиям улучшило извлечение на 14,39 % (с 8,21 до 22,60 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 14,76 % (с 8,21 до 22,97 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 20,35 % (с 8,21 до 28,56 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма = 1,6272. Результаты показывают, что Tx100 способен создавать сильный синергетический эффект с тиомочевинной в катализированном выщелачивании халькопирита.

Пример 4

[00166] В этом примере применяли тиомочевину и полиэтиленгликоль 200 (PEG200). В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“Tu”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за

исключением добавления 2 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание PEG200 (“PEG200”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн⁻¹ PEG200 в начале испытания. Испытание тиомочевины и PEG200 (“Tu + PEG200”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины и 30 млн⁻¹ PEG200.

[00167] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или только PEG200 повышало извлечение меди (см. Фигуру 4; процент рекуперации меди для испытания “Tu” и “PEG” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании тиомочевины и PEG200 в испытании “Tu + PEG” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 4. Например, при сравнении результатов, полученных на 600-й час, наблюдали, что добавление только PEG200 к контрольным условиям улучшило извлечение на 10,53 % (с 8,21 до 18,74 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 14,76 % (с 8,21 до 22,97 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 24,07 % (с 8,21 до 32,28 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма = 1,9076. Результаты показывают, что PEG200 способен создавать сильный синергетический эффект с тиомочевинной в катализированном выщелачивании халькопирита.

Пример 5

[00168] В этом примере применяли тиомочевину и Тергитол 15-S-20 (Тергитол). В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“Tu”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание Тергитола (“Тергитол”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн⁻¹ Тергитола в начале испытания. Испытание тиомочевины и Тергитола (“Tu + Тергитол”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины и 30 млн⁻¹ Тергитола.

[00169] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или Тергитола повышало извлечение меди (см. Фигуру 5; процент рекуперации меди для испытания “Tu” и “Тергитола” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при

комбинировании тиомочевины и Тергитола в испытании “Tu + Тергитол” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 5. Например, при сравнении результатов, полученных через 960 часов, наблюдали, что добавление только Тергитола к контрольным условиям улучшило извлечение на 10,47 % (с 12,13 до 22,60 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 27,3 % (с 12,13 до 39,43 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 47,52 % (с 12,13 до 59,65 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма через 792 часа = 2,2837. Результаты показывают, что Тергитол способен создавать сильный синергетический эффект с тиомочевинной в катализируемом выщелачивании халькопирита.

Пример 6

[00170] В этом примере применяли тиомочевину и PEG600 (PEG600). В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“Tu”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание PEG600 (“PEG600”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн⁻¹ PEG600 в начале испытания. Испытание тиомочевины и PEG600 (“Tu + PEG600”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины и 30 млн⁻¹ PEG600.

[00171] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или только PEG600 повышало извлечение меди (см. Фигуру 6; процент рекуперации меди для испытания “Tu” и “PEG600” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании тиомочевины и PEG600 в испытании “Tu + PEG600” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 6. Например, при сравнении результатов, полученных через 1128 часов, наблюдали, что добавление только PEG600 к контрольным условиям улучшило извлечение на 0,41 % (с 16,07 до 16,48 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 10,04 % (с 16,07 до 26,11 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 21,87 % (с 16,07 до 37,94 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма через 960 часов = 2,36. Результаты показывают, что PEG600 способен создавать сильный синергетический эффект с

тиомочевиной в катализированном выщелачивании халькопирита. Кроме того, PEG600 также продемонстрировал свой эффект в усилении бактериальной активности. Как показано на Фигуре 6 (низ), ОВП используют как индикатор активности окисляющих железо бактерий. Как можно наблюдать, при добавлении только PEG600 время, требуемое для того, чтобы бактерии увеличили ОВП раствора, сократилось с 960 часов до 384 часов. Подобный эффект наблюдали в присутствии Tu, которая сократила время с 800 часов до 552 часов. Благоприятный эффект PEG600 для бактериальной активности обеспечивает дополнительное преимущество его применения в биовыщелачивании.

Пример 7

[00172] В этом примере применяли Тиомочевину и TweenTM40 (Tween40). В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевин (“Tu”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевин в начале испытания. Контрольное испытание Tween40 (“Tween40”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн⁻¹ Tween40 в начале испытания. Испытание тиомочевин и Tween40 (“Tu + Tween40”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевин и 30 млн⁻¹ Tween40.

[00173] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевин или только Tween40 повышало извлечение меди (см. Фигуру 7; процент рекуперации меди для испытания “Tu” и “Tween40” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании тиомочевин и Tween40 в испытании “Tu + Tween40” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 7. Например, при сравнении результатов, полученных через 1128 часов, наблюдали, что добавление только Tween40 к контрольным условиям улучшило извлечение на 15,64 % (с 16,07 до 31,71 %), а добавление только тиомочевин улучшило извлечение на 10,04 % (с 16,07 до 26,11 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 41,73 % (с 16,07 до 57,80 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма через 960 часов = 2,288. Результаты показывают, что Tween40 способен создавать сильный синергетический эффект с тиомочевиной в катализированном выщелачивании халькопирита. Кроме того, Tween40

также продемонстрировал свой эффект в усилении бактериальной активности. Как показано на Фигуре 7 (низ), ОВП используют как индикатор активности окисляющих железо бактерий. Как можно наблюдать, при добавлении только Tween40 время, требуемое для того, чтобы бактерии увеличили ОВП раствора, сократилось с 960 часов до 312 часов. Подобный эффект наблюдали в присутствии Tu, которая сократила время с 800 часов до 552 часов. Благоприятный эффект Tween40 для бактериальной активности обеспечивает дополнительное преимущество его применения в биовыщелачивании.

Пример 8

[00174] В этом примере применяли формамидин дисульфид (ФДС) и TweenTM80 (Tween80). В каждом испытании использовали 1 г/л химически чистого халькозина Cu_2S . Поскольку Cu_2S быстро выщелачивается в фазе 1 и гораздо медленнее в фазе 2, все реакции проводили в контрольных условиях в течение 48 часов для завершения выщелачивания фазы 1. Через 48 часов контрольное испытание (“Контроль”) продолжали с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание ФДС (“ФДС”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,025 мМ ФДС через 48 часов. Контрольное испытание Tween80 (“Tween80”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн^{-1} Tween80 через 48 часов. Испытание ФДС и Tween80 (“ФДС + Tween80”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,025 мМ ФДС и 30 млн^{-1} Tween80 через 48 часов. Фигура 8 только представляет результаты выщелачивания через 48 часов при добавлении катализатора / поверхностно-активного вещества.

[00175] Согласно наблюдениям, применение только ФДС или только Tween80 повышало извлечение меди (см. Фигуру 8; процент рекуперации меди для испытания “ФДС” и “Tween80” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании ФДС и Tween80 в испытании “ФДС + Tween80” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 8. Например, при сравнении результатов, полученных через 72 часа, наблюдали, что добавление только Tween80 к контрольным условиям улучшило извлечение на 0,37 % (с 6,92 до 7,29 %), а добавление только ФДС улучшило извлечение на 6,77 % (с 6,92 до 13,69 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 10,38 % (с 6,92 до 17,30 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма через 48 часов = 1,062. Результаты показывают, что Tween80

способен создавать синергетический эффект с ФДС в катализируемом выщелачивании халькозина фазы 2.

Пример 9

[00176] В этом примере применяли этилентиомочевину (ETU) и полиэтиленгликоль 200 (PEG200). В каждом испытании использовали 1 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание этилентиомочевины (“ETU”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 1 мМ этилентиомочевина в начале испытания. Контрольное испытание PEG200 (“PEG200”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 200 млн⁻¹ PEG200 в начале испытания. Испытание этилентиомочевины и PEG200 (“ETU + PEG200”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 1 мМ этилентиомочевины и 200 млн⁻¹ PEG200.

[00177] Согласно наблюдениям, применение только этилентиомочевины или только PEG200 повышало извлечение меди (см. Фигуру 9; процент рекуперации меди для испытания “ETU” и “PEG200” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании этилентиомочевины и PEG200 в испытании “ETU + PEG200” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 9. Из-за 4ардинального изменения интенсивности во время процесса выщелачивания интенсивность выщелачивания вычисляют как среднюю интенсивность выщелачивания с использованием данных через 1000 часов. Например, при сравнении результатов, полученных через 1656 часов, наблюдали, что добавление только PEG200 к контрольным условиям улучшило извлечение на 11,34 % (с 10,97 до 22,31 %), а добавление только этилентиомочевины улучшило извлечение на 41,96 % (с 10,97 до 52,93 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 49,56 % (с 10,97 до 60,53 %). Полученный на основе средней интенсивности выщелачивания через 1000 часов расчетный показатель синергизма = 1,1101. Результаты показывают, что PEG200 способен создавать сильный синергетический эффект с этилентиомочевинной при катализируемом выщелачивании халькопирита.

Пример 10

[00178] В этом примере применяли тиомочевину и комбинацию поверхностно-активных веществ (Tween20 и PEG200). В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита. Испытание разделяли на две фазы.

В фазе 1 осуществляли контрольное испытание (“Контроль”) с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Испытание комбинированного поверхностно-активного вещества (“комбинированное поверхностно-активное вещество”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн^{-1} Tween20 и 30 млн^{-1} PEG200 в начале испытания. Выщелачивание фазы 1 осуществляли в течение 600 часов для изучения эффекта комбинирования обычного поверхностно-активного вещества (Tween20) и обычного смачивающего средства (PEG200) в условиях биовыщелачивания. Через 600 часов контрольное испытание продолжили в тех же условиях, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины. Данные через 600 часов отмечали соответственно (“Добавление ТУ к Контролю”) на Фигуре 10. Через 600 часов испытание комбинированного поверхностно-активного вещества продолжили в тех же условиях, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины. Данные через 600 часов отмечали соответственно (“Добавление ТУ к комбинированному поверхностно-активному веществу”) на Фигуре 10.

[00179] Согласно наблюдениям, применение только комбинированного поверхностно-активного вещества в фазе 1 повышало извлечение меди (см. Фигуру 10; процент рекуперации меди для испытания “Комбинированное поверхностно-активное вещество” по сравнению с испытанием “Контроль”). В фазе 2 добавление тиомочевины к испытаниям “Контроль” и “Комбинированное поверхностно-активное вещество” демонстрирует повышенную интенсивность выщелачивания в обоих испытаниях, указывая на то, что ТУ способна депассивировать выщелоченный халькопирит. Однако добавление ТУ к комбинированному поверхностно-активному веществу создавало значительный синергетический эффект в фазе 2 (Фигура 10). Например, в фазе 1 средняя интенсивность выщелачивания составляет 0,0118 %/ч в испытании “Контроль” и 0,0227 %/ч в испытании “Комбинированное поверхностно-активное вещество”. В фазе 2 добавление тиомочевины к испытаниям “Контроль” и “Комбинированное поверхностно-активное вещество” повысило их интенсивность выщелачивания до 0,0184 %/ч и 0,0669 %/ч, соответственно. Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма = 1,8898. Результаты показывают, что ТУ способна депассивировать выщелоченный халькопирит в присутствии или в отсутствие поверхностно-активных веществ. Кроме того, комбинированное поверхностно-активное вещество Tween20 и PEG200 способно создавать сильный синергетический эффект с тиомочевинной в катализированном выщелачивании халькопирита.

Пример 11

[00180] В этом примере применяли тиомочевину и Pluronic® F-108 (F108). В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирит. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“Tu”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание F108 (“F108”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 200 млн⁻¹ F108 в начале испытания. Испытание тиомочевины и F108 (“Tu + F108”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины и 200 млн⁻¹ F108.

[00181] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или только F108 повышало извлечение меди (см. Фигуру 11; процент рекуперации меди для испытания “Tu” и “F108” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании тиомочевины и F108 в испытании “Tu + F108” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 6. Например, при сравнении результатов, полученных через 528 часов, наблюдали, что добавление только F108 к контрольным условиям улучшило извлечение на 10,14 % (с 7,32 до 17,46 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 11,04 % (с 7,32 до 18,36 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 16,57 % (с 7,32 до 23,89 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма через 432 часа = 1,7181. Результаты показывают, что F108 способен создавать сильный синергетический эффект с тиомочевойной в катализированном выщелачивании халькопирита.

Пример 12

[00182] В этом примере применяли тиомочевину и полиэтиленгликоль 200 (PEG200) для демонстрации синергизма при выщелачивании энаргита, подобного тому, который наблюдали при выщелачивании халькопирита. В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала энаргита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“Tu”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание PEG200 (“PEG”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн⁻¹ PEG200 в начале

испытания. Испытание тиомочевины и PEG200 (“Tu + PEG”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины и 30 млн⁻¹ PEG200.

[00183] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины повышало извлечение меди, однако применение только PEG200 снижает извлечение меди (см. Фигуру 12; процент рекуперации меди для испытания “Tu” и “PEG” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании тиомочевины и PEG200 в испытании “Tu + PEG” два соединения создавали положительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 12. Например, при сравнении результатов, полученных через 312 часов, наблюдали, что добавление только PEG200 к контрольным условиям снизило извлечение на 0,65 % (с 9,11 до 8,46 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 0,95 % (с 9,11 до 10,06 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 2,38 % (с 9,11 до 11,49 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма через 264 часа = 1,9769. Результаты показывают, что PEG200 способен создавать сильный синергетический эффект с тиомочевинной при катализируемом выщелачивании энергита.

Пример 13

[00184] В этом примере применяли тиомочевину и TweenTM 20, неионное поверхностно-активное вещество полиэтиленгликольсорбитмонолаурат. Для каждой колонны использовали 1,6 кг низкосортного минерала халькопирита. Контрольное испытание (“C”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“TU”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание Tween 20 (“Tw”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 100 млн⁻¹ Tween 20 в начале испытания. Испытание тиомочевины и Tween 20 (“TU + Tw”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 2 мМ тиомочевины и 100 млн⁻¹ Tween 20.

[00185] Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или только Tween 20 повышало извлечение меди (см. Фигуру 13; процент извлечения меди для испытания “TU” и “Tw” по сравнению с испытанием “C”). Однако при комбинировании тиомочевины и Tween 20 два соединения (“TU + Tw”) создавали значительный синергетический эффект. При сравнении результатов, полученных на 600-й час,

наблюдали, что добавление только Tween 20 к контрольным условиям улучшало извлечение вначале, однако благоприятный эффект быстро пошел на убыль в течение 600 часов. Добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 0,88 % (с 1,48 до 2,36 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 1,08 % (с 1,48 до 2,56 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма = 3,2337. Результаты показывают, что Tween 20 создает сильный синергетический эффект с тиомочевинной в катализированном выщелачивании халькопирита.

Пример 14

[00186] В этом примере применяли тиомочевину и TritonTM-CG-110 (CG110). В каждом испытании использовали 5 г/л измельченного в порошок минерала халькопирита. Контрольное испытание (“Контроль”) осуществляли с применением вышеописанных общих условий выщелачивания. Контрольное испытание тиомочевины (“Tu”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины в начале испытания. Контрольное испытание CG110 (“CG110”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 30 млн⁻¹ CG110 в начале испытания. Испытание тиомочевины и CG110 (“Tu + CG110”) проводили в тех же условиях, что и контрольное испытание, за исключением добавления 0,5 мМ тиомочевины и 30 млн⁻¹ CG110.

Согласно наблюдениям, применение только тиомочевины или только CG110 повышало извлечение меди (см. Фигуру 14; процент рекуперации меди для испытания “Tu” и “CG110” по сравнению с испытанием “Контроль”). Однако при комбинировании тиомочевины и CG110 в испытании “Tu + CG110” два соединения создавали значительный синергетический эффект, как показано на Фигуре 14. Например, при сравнении результатов, полученных через 960 часов, наблюдали, что добавление только CG110 к контрольным условиям улучшило извлечение на 10,22 % (с 12,13 до 22,35 %), а добавление только тиомочевины улучшило извлечение на 10,47 % (с 12,13 до 22,97 %). Для сравнения, при наличии обоих реагентов извлечение меди увеличилось на 26,65 % (с 12,13 до 38,78 %). Полученный на основе интенсивности выщелачивания расчетный показатель синергизма = 1,3550. Результаты показывают, что CG110 способен создавать сильный синергетический эффект с тиомочевинной в катализированном выщелачивании халькопирита.

[00187] Хотя раскрытие изобретения было описано со ссылкой на примеры,

рассматриваемые как предпочтительные, следует понимать, что раскрытие изобретения не ограничивается описываемыми примерами. Наоборот, настоящее изобретение охватывает различные модификации и эквиваленты, охватываемые сущностью и объемом прилагаемой формулы изобретения.

[00188] Все публикации, патенты и патентные заявки включены в данный документ путем ссылки в их полном объеме в той же мере, как если бы каждая публикация, патент или патентная заявка были конкретно и отдельно указаны как включенные путем ссылки в полном объеме. Если термин из настоящей заявки в документе, включенном путем ссылки, оказывается определяемым по-другому, представленное здесь определение служит приоритетным определением термина.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, причем способ включает контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего:

контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что кислотная смесь также включает смачивающее средство, и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего:

контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что материал агломерируют перед контактом.

5. Способ по п. 2, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью.

6. Способ по любому из пунктов с 2 по 5, отличающийся тем, что кислотная смесь также включает окисляющий агент.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа.

8. Способ по любому из пунктов с 1 по 7, отличающийся тем, что материал также включает окисляющие железо бактерии.

9. Способ по любому из пунктов с 1 по 8, отличающийся тем, что кислотная смесь также включает окисляющие железо бактерии.

10. Способ по любому из пунктов с 1 по 9, отличающийся тем, что материал представляет собой материал, включающий сульфид основного металла.

11. Способ по любому из пунктов с 1 по 10, отличающийся тем, что материал включает руду.

12. Способ по любому из пунктов с 1 по 11, отличающийся тем, что основной металл включает медь.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что материал включает содержащую сульфид меди руду.

14. Способ по п. 13, отличающийся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации.

15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит.

16. Способ по любому из пунктов с 1 по 15, отличающийся тем, что способ включает добавление серной кислоты для получения кислотных условий.

17. Способ по любому из пунктов с 2 по 16, отличающийся тем, что перед контактом уровень pH кислотной смеси находится в диапазоне от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5.

18. Способ по п. 17, отличающийся тем, что уровень pH кислотной смеси составляет приблизительно 2.

19. Способ по любому из пунктов с 1 по 18, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к способу в мономерной форме.

20. Способ по любому из пунктов с 1 по 18, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к способу в форме соответствующего димера.

21. Способ по любому из пунктов с 1 по 20, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации.

22. Способ по любому из пунктов с 1 по 21, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину.

23. Способ по любому из пунктов с 1 по 22, отличающийся тем, что смачивающее средство представляет собой неионное смачивающее средство.

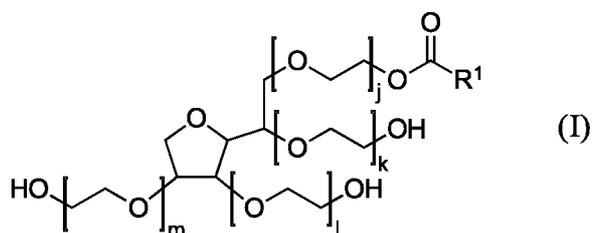
24. Способ по п. 23, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество,

полиэтиленгликоль или их комбинации.

25. Способ по п. 24, отличающийся тем, что неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира полиэтиленгликоля и их комбинаций.

26. Способ по п. 25, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полисорбат.

27. Способ по пп. 25 или 26, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой одно или несколько соединений формулы (I):



где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + 1 + m = 20$.

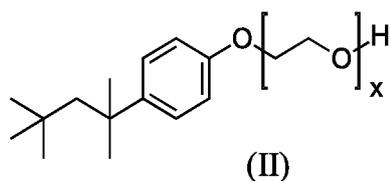
28. Способ по любому из пунктов с 25 по 27, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации.

29. Способ по любому из пунктов с 25 по 28, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой поверхностно-активное вещество серии TweenTM.

30. Способ по п. 29, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой TweenTM 20.

31. Способ по п. 25, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля.

32. Способ по пп. 25 или 31, отличающийся тем, что алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой одно или несколько соединений Формулы (II):



, где x равняется 5 - 20.

33. Способ по п. 32, отличающийся тем, что алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой Triton™ X-100.

34. Способ по п. 25, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полиэтиленгликоль.

35. Способ по пп. 25 или 34, отличающийся тем, что полиэтиленгликоль имеет среднечисловую молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль.

36. Способ по п. 35, отличающийся тем, что полиэтиленгликоль представляет собой полиэтиленгликоль 200.

37. Способ по любому из пунктов с 1 по 36, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу, включающему перколяционное выщелачивание, выщелачивание в чанах или выщелачивание в баках.

38. Способ по п. 37, отличающийся тем, что перколяционное выщелачивание представляет собой кучное, отвальное или колонное выщелачивание.

39. Способ по п. 38, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу, включающему кучное выщелачивание.

40. Способ по любому из пунктов с 1 по 39, отличающийся тем, что способ также включает рекуперацию основного металла.

41. Способ по любому из пунктов с 1 по 40, отличающийся тем, что приведение материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, образует насыщенный раствор для выщелачивания, включающий основной металл, и способ также включает рекуперацию основного металла из насыщенного раствора для выщелачивания.

42. Способ по пп. 40 или 41, отличающийся тем, что рекуперация включает экстрагирование растворителем и электролитическое выделение.

43. Способ по п. 42, отличающийся тем, что перед экстрагированием растворителем способ также включает разделение твердой и жидкой фаз.

44. Способ по любому из пунктов с 1 по 43, отличающийся тем, что способ также включает рекуперацию реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу.

45. Способ по п. 44, отличающийся тем, что способ также включает рециркуляцию рекуперированного реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для применения в контактировании с другой частью материала.

46. Способ по любому из пунктов с 1 по 45, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, при температуре и атмосферном давлении окружающей среды.

47. Способ по любому из пунктов с 1 по 46, отличающийся тем, что способ представляет собой групповой способ.

48. Способ по любому из пунктов с 1 по 46, отличающийся тем, что способ представляет собой непрерывный способ.

49. Применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу извлечения основного металла из материала, включающего основной металл.

50. Применение по п. 49, отличающееся тем, что способ представляет собой способ по любому из пунктов с 1 по 48.

51. Применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для извлечения основного металла из материала, включающего основной металл, причем материал приводят в контакт в кислотных условиях со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

52. Применение по п. 51, отличающееся тем, что материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

53. Применение по п. 52, отличающееся тем, что кислотная смесь также включает смачивающее средство и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

54. Применение по п. 53, отличающееся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную

функциональную группу, с применением способа, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью.

55. Применение по любому из пунктов с 51 по 54, отличающееся тем, что кислотная смесь также включает окисляющий агент.

56. Применение по п. 55, отличающееся тем, что окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа.

57. Применение по любому из пунктов с 51 по 56, отличающееся тем, что материал также включает окисляющие железо бактерии.

58. Применение по любому из пунктов с 51 по 57, отличающееся тем, что кислотная смесь также включает окисляющие железо бактерии..

59. Применение по любому из пунктов с 51 по 58, отличающееся тем, что материал представляет собой материал, включающий сульфид основного металла.

60. Применение по любому из пунктов с 51 по 59, отличающееся тем, что материал включает руду.

61. Применение по любому из пунктов с 51 по 60, отличающееся тем, что основной металл включает медь.

62. Применение по п. 61, отличающееся тем, что материал включает содержащую сульфид меди руду.

63. Применение по п. 62, отличающееся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации.

64. Применение по п. 63, отличающееся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит.

65. Применение по любому из пунктов с 51 по 64, отличающееся тем, что серную кислоту добавляют для получения кислотных условий.

66. Применение по любому из пунктов с 51 по 65, отличающееся тем, что перед контактом уровень pH кислотной смеси находится в диапазоне от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5.

67. Применение по п. 66, отличающееся тем, что pH кислотной смеси составляет приблизительно 2.

68. Применение по любому из пунктов с 51 по 67, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в мономерной форме.

69. Применение по любому из пунктов с 51 по 67, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в форме соответствующего димера.

70. Применение по любому из пунктов с 51 по 69, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации.

71. Применение по любому из пунктов с 51 по 70, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину.

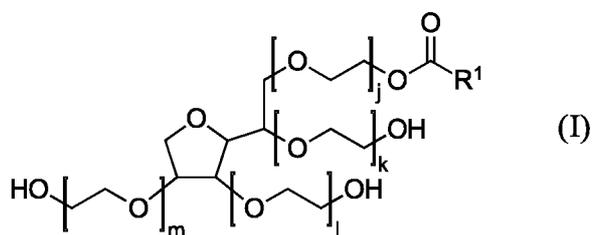
72. Применение по любому из пунктов с 51 по 71, отличающееся тем, что смачивающее средство представляет собой неионное смачивающее средство.

73. Применение по п. 72, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество, полиэтиленгликоль или их комбинации.

74. Применение по п. 73, отличающееся тем, что неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира полиэтиленгликоля и их комбинаций.

75. Применение по п. 74, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полисорбат.

76. Применение по пп. 74 или 75, отличающееся тем, что полисорбат представляет собой одно или несколько соединений формулы (I):



где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + i + m = 20$.

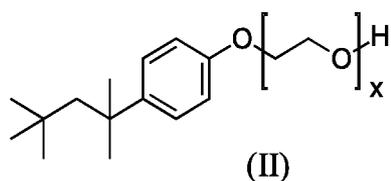
77. Применение по любому из пунктов с 74 по 76, отличающееся тем, что полисорбат представляет собой полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации.

78. Применение по любому из пунктов с 74 по 77, отличающееся тем, что полисорбат представляет собой поверхностно-активное вещество серии TweenTM.

79. Применение по п. 78, отличающееся тем, что полисорбат представляет собой TweenTM 20.

80. Применение по п. 74, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля.

81. Применение по пп. 74 или 80, отличающееся тем, что алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой одно или несколько соединений
 Формулы (II):



, где x равняется 5 - 20.

82. Применение по п. 81, отличающееся тем, что алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой TritonTM X-100.

83. Применение по п. 74, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полиэтиленгликоль.

84. Применение по пп. 74 или 83, отличающееся тем, что полиэтиленгликоль имеет среднечисловую молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль.

85. Применение по п. 84, отличающееся тем, что полиэтиленгликоль представляет собой полиэтиленгликоль 200.

86. Применение по любому из пунктов с 51 по 85, отличающееся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, при температуре и атмосферном давлении окружающей среды.

87. Способ рекуперации по меньшей мере одного иона основного металла из материала, включающего по меньшей мере один основной металл, причем способ включает:

контактирование материала в кислотных условиях с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, и смачивающее средство, для образования насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и

рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора.

88. Способ рекуперации по меньшей мере одного иона основного металла из материала, включающего по меньшей мере один основной металл, причем способ включает:

контактирование материала в кислотных условиях с ФДС и смачивающим средством для образования насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и

рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора.

89. Способ по пп. 87 или 88, отличающийся тем, что контактирование материала для образования насыщенного раствора включает извлечение по меньшей мере одного иона основного металла из материала.

ИЗМЕНЕННАЯ ФОРМУЛА

1. Способ извлечения основного металла из сульфида основного металла в материале, причем способ включает контактирование материала в кислотных условиях со смачивающим средством, окисляющим агентом и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего:

контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что кислотная смесь также включает смачивающее средство, и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего:

контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что материал агломерируют перед контактом.

5. Способ по п. 2, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью.

6. Способ по любому из пунктов с 2 по 5, отличающийся тем, что кислотная смесь также включает окисляющий агент.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа.

8. Способ по любому из пунктов с 1 по 7, отличающийся тем, что материал также включает окисляющие железо бактерии.

9. Способ по любому из пунктов с 1 по 8, отличающийся тем, что кислотная смесь также включает окисляющие железо бактерии.

10. Способ по любому из пунктов с 1 по 9, отличающийся тем, что материал представляет собой материал, включающий сульфид основного металла.

11. Способ по любому из пунктов с 1 по 10, отличающийся тем, что материал включает руду.

12. Способ по любому из пунктов с 1 по 11, отличающийся тем, что основной металл включает медь.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что материал включает содержащую сульфид меди руду.

14. Способ по п. 13, отличающийся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации.

15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит.

16. Способ по любому из пунктов с 1 по 15, отличающийся тем, что способ включает добавление серной кислоты для получения кислотных условий.

17. Способ по любому из пунктов с 2 по 16, отличающийся тем, что перед контактом уровень рН кислотной смеси находится в диапазоне от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5.

18. Способ по п. 17, отличающийся тем, что уровень рН кислотной смеси

составляет приблизительно 2.

19. Способ по любому из пунктов с 1 по 18, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к способу в мономерной форме.

20. Способ по любому из пунктов с 1 по 18, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют к способу в форме соответствующего димера.

21. Способ по любому из пунктов с 1 по 20, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации.

22. Способ по любому из пунктов с 1 по 21, отличающийся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину.

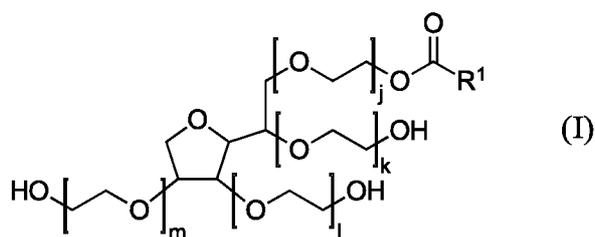
23. Способ по любому из пунктов с 1 по 22, отличающийся тем, что смачивающее средство представляет собой неионное смачивающее средство.

24. Способ по п. 23, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество, полиэтиленгликоль или их комбинации.

25. Способ по п. 24, отличающийся тем, что неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира полиэтиленгликоля и их комбинаций.

26. Способ по п. 25, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полисорбат.

27. Способ по пп. 25 или 26, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой одно или несколько соединений формулы (I):



где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + l + m = 20$.

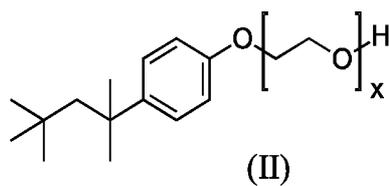
28. Способ по любому из пунктов с 25 по 27, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации.

29. Способ по любому из пунктов с 25 по 28, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой поверхностно-активное вещество серии Tween™.

30. Способ по п. 29, отличающийся тем, что полисорбат представляет собой Tween™ 20.

31. Способ по п. 25, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля.

32. Способ по пп. 25 или 31, отличающийся тем, что алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой одно или несколько соединений Формулы (II):



, где x равняется 5 - 20.

33. Способ по п. 32, отличающийся тем, что алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой Triton™ X-100.

34. Способ по п. 25, отличающийся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полиэтиленгликоль.

35. Способ по пп. 25 или 34, отличающийся тем, что полиэтиленгликоль имеет среднечисловую молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль.

36. Способ по п. 35, отличающийся тем, что полиэтиленгликоль представляет собой полиэтиленгликоль 200.

37. Способ по любому из пунктов с 1 по 36, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу, включающему перколяционное выщелачивание, выщелачивание в чанах или выщелачивание в баках.

38. Способ по п. 37, отличающийся тем, что перколяционное выщелачивание представляет собой кучное, отвальное или колонное выщелачивание.

39. Способ по п. 38, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу, включающему кучное выщелачивание.

40. Способ по любому из пунктов с 1 по 39, отличающийся тем, что способ также включает рекуперацию основного металла.

41. Способ по любому из пунктов с 1 по 40, отличающийся тем, что приведение материала в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, образует насыщенный раствор для выщелачивания, включающий основной металл, и способ также

включает рекуперацию основного металла из насыщенного раствора для выщелачивания.

42. Способ по пп. 40 или 41, отличающийся тем, что рекуперация включает экстрагирование растворителем и электролитическое выделение.

43. Способ по п. 42, отличающийся тем, что перед экстрагированием растворителем способ также включает разделение твердой и жидкой фаз.

44. Способ по любому из пунктов с 1 по 43, отличающийся тем, что способ также включает рекуперацию реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу.

45. Способ по п. 44, отличающийся тем, что способ также включает рециркуляцию рекуперированного реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для применения в контактировании с другой частью материала.

46. Способ по любому из пунктов с 1 по 45, отличающийся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, при температуре и атмосферном давлении окружающей среды.

47. Способ по любому из пунктов с 1 по 46, отличающийся тем, что способ представляет собой групповой способ.

48. Способ по любому из пунктов с 1 по 46, отличающийся тем, что способ представляет собой непрерывный способ.

49. Применение смачивающего средства и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, согласно способу извлечения основного металла из материала, включающего основной металл.

50. Применение по п. 49, отличающееся тем, что способ представляет

собой способ по любому из пунктов с 1 по 48.

51. Применение смачивающего средства, окисляющего агента и реагента, включающего тиокарбонильную функциональную группу, для извлечения основного металла из сульфида основного металла в материале, причем материал приводят в контакт в кислотных условиях со смачивающим средством, окисляющим агентом и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу.

52. Применение по п. 51, отличающееся тем, что материал приводят в контакт с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

53. Применение по п. 52, отличающееся тем, что кислотная смесь также включает смачивающее средство и материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего: контактирование материала с кислотной смесью, включающей смачивающее средство и реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу.

54. Применение по п. 53, отличающееся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, с применением способа, включающего агломерирование материала в присутствии смачивающего средства перед контактом с кислотной смесью.

55. Применение по любому из пунктов с 51 по 54, отличающееся тем, что кислотная смесь также включает окисляющий агент.

56. Применение по п. 55, отличающееся тем, что окисляющий агент включает сульфат трехвалентного железа.

57. Применение по любому из пунктов с 51 по 56, отличающееся тем, что

материал также включает окисляющие железо бактерии.

58. Применение по любому из пунктов с 51 по 57, отличающееся тем, что кислотная смесь также включает окисляющие железо бактерии..

59. Применение по любому из пунктов с 51 по 58, отличающееся тем, что материал представляет собой материал, включающий сульфид основного металла.

60. Применение по любому из пунктов с 51 по 59, отличающееся тем, что материал включает руду.

61. Применение по любому из пунктов с 51 по 60, отличающееся тем, что основной металл включает медь.

62. Применение по п. 61, отличающееся тем, что материал включает содержащую сульфид меди руду.

63. Применение по п. 62, отличающееся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, халькозин, сульфид меди формулы Cu_xS_y , причем соотношение $x:y$ составляет от 1 до 2, или их комбинации.

64. Применение по п. 63, отличающееся тем, что содержащая сульфид меди руда включает халькопирит.

65. Применение по любому из пунктов с 51 по 64, отличающееся тем, что серную кислоту добавляют для получения кислотных условий.

66. Применение по любому из пунктов с 51 по 65, отличающееся тем, что перед контактом уровень рН кислотной смеси находится в диапазоне от приблизительно 1,5 до приблизительно 2,5.

67. Применение по п. 66, отличающееся тем, что рН кислотной смеси составляет приблизительно 2.

68. Применение по любому из пунктов с 51 по 67, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в мономерной форме.

69. Применение по любому из пунктов с 51 по 67, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, добавляют в форме соответствующего димера.

70. Применение по любому из пунктов с 51 по 69, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину, этилентиомочевину, тиоацетамид, диметилдитиокарбамат натрия, тритиокарбонат, тиосемикарбазид или их комбинации.

71. Применение по любому из пунктов с 51 по 70, отличающееся тем, что реагент, включающий тиокарбонильную функциональную группу, включает тиомочевину.

72. Применение по любому из пунктов с 51 по 71, отличающееся тем, что смачивающее средство представляет собой неионное смачивающее средство.

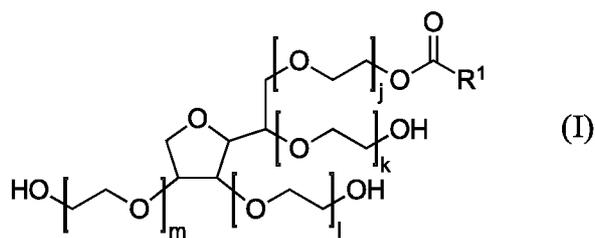
73. Применение по п. 72, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество, полиэтиленгликоль или их комбинации.

74. Применение по п. 73, отличающееся тем, что неионное этоксилатное поверхностно-активное вещество выбирают из полисорбата, алкилфенилового эфира полиэтиленгликоля или его восстановленной формы, алкилового эфира полиэтиленгликоля и их комбинаций.

75. Применение по п. 74, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полисорбат.

76. Применение по пп. 74 или 75, отличающееся тем, что полисорбат

представляет собой одно или несколько соединений формулы (I):



где R^1 является C_{4-30} алкилом, C_{4-30} алкенилом или C_{4-30} алкинилом; и $j + k + l + m = 20$.

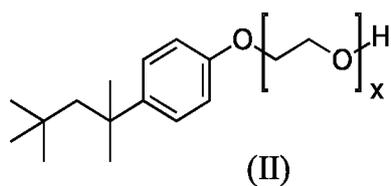
77. Применение по любому из пунктов с 74 по 76, отличающееся тем, что полисорбат представляет собой полисорбат 20, полисорбат 40, полисорбат 60, полисорбат 80 или их комбинации.

78. Применение по любому из пунктов с 74 по 77, отличающееся тем, что полисорбат представляет собой поверхностно-активное вещество серии TweenTM.

79. Применение по п. 78, отличающееся тем, что полисорбат представляет собой TweenTM 20.

80. Применение по п. 74, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля.

81. Применение по пп. 74 или 80, отличающееся тем, что алкилфениловый эфир полиэтиленгликоля представляет собой одно или несколько соединений Формулы (II):



, где x равняется 5 - 20.

82. Применение по п. 81, отличающееся тем, что алкилфениловый эфир

полиэтиленгликоля представляет собой Triton™ X-100.

83. Применение по п. 74, отличающееся тем, что неионное смачивающее средство представляет собой полиэтиленгликоль.

84. Применение по пп. 74 или 83, отличающееся тем, что полиэтиленгликоль имеет среднечисловую молекулярную массу от приблизительно 100 г/моль до приблизительно 300 г/моль.

85. Применение по п. 84, отличающееся тем, что полиэтиленгликоль представляет собой полиэтиленгликоль 200.

86. Применение по любому из пунктов с 51 по 85, отличающееся тем, что материал приводят в контакт со смачивающим средством и реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, при температуре и атмосферном давлении окружающей среды.

87. Способ рекуперации по меньшей мере одного иона основного металла из по меньшей мере одного сульфида основного металла в материале, причем способ включает:

контактирование материала в кислотных условиях с реагентом, включающим тиокарбонильную функциональную группу, окисляющий агент и смачивающее средство, для образования насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и

рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора.

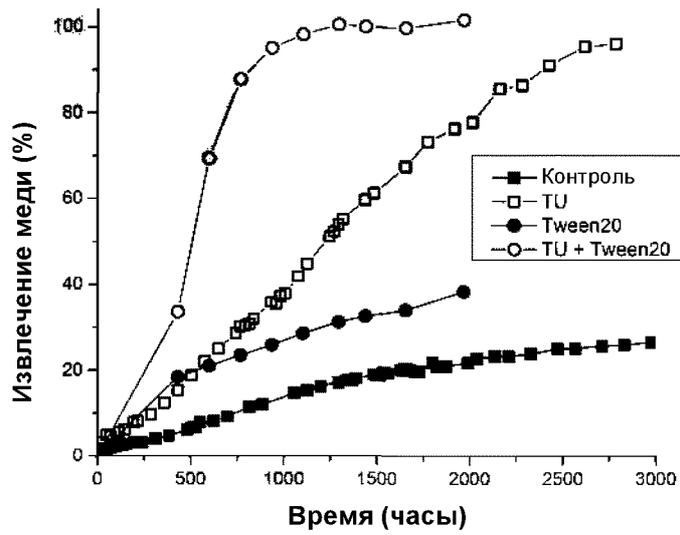
88. Способ рекуперации по меньшей мере одного иона основного металла из по меньшей мере одного сульфида основного металла в материале, причем способ

включает:

контактирование материала в кислотных условиях с ФДС, окисляющим агентом и смачивающим средством для образования насыщенного раствора, включающего по меньшей мере один ион основного металла; и

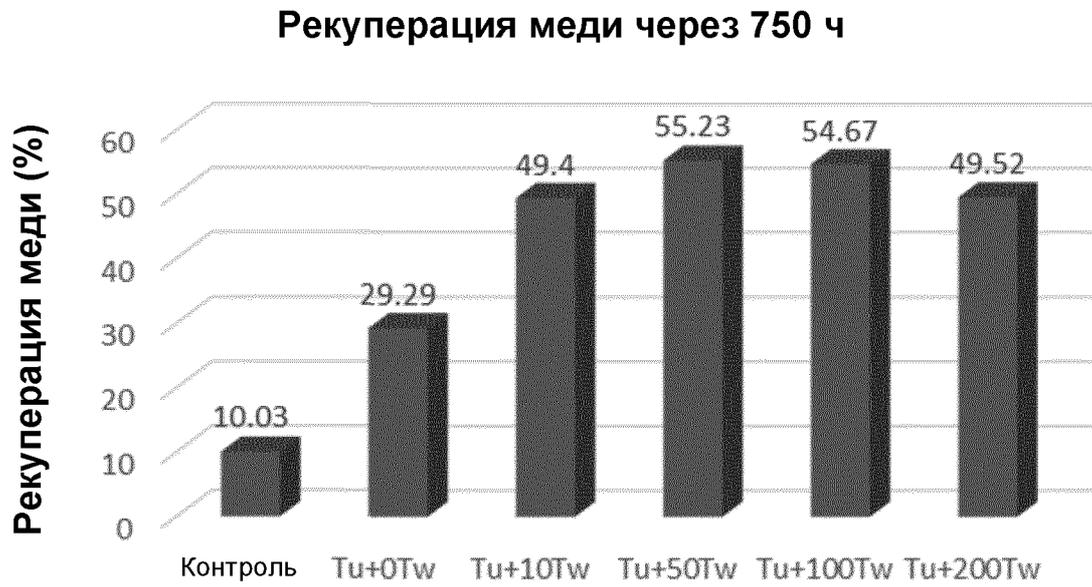
рекуперацию по меньшей мере одного иона основного металла из насыщенного раствора.

89. Способ по пп. 87 или 88, отличающийся тем, что контактирование материала для образования насыщенного раствора включает извлечение по меньшей мере одного иона основного металла из материала.

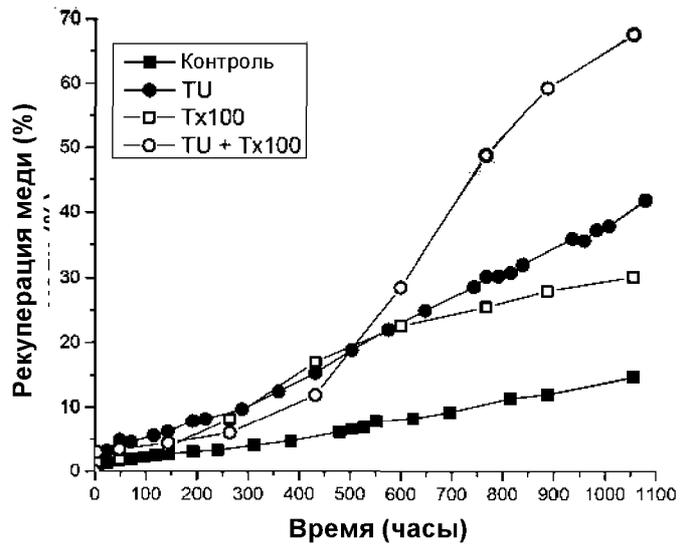


Условия	Извлечение через 600 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 600 ч (%/ч)
Контроль	8,21	0,0189
Только катализатор	22,97	0,0505
Только ПАВ	21,03	0,0151
Катализатор + ПАВ	69,28	0,1611
Сравнительная интенсивность		0,0403
Показатель синергизма		3,9975

ФИГ. 1

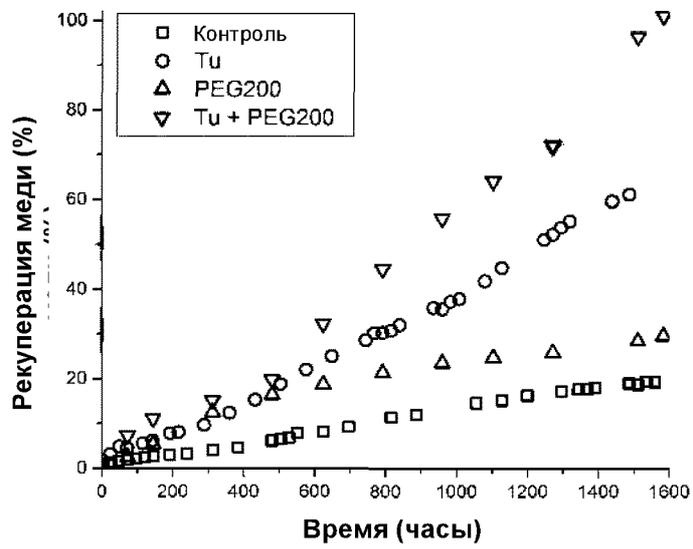


ФИГ. 2



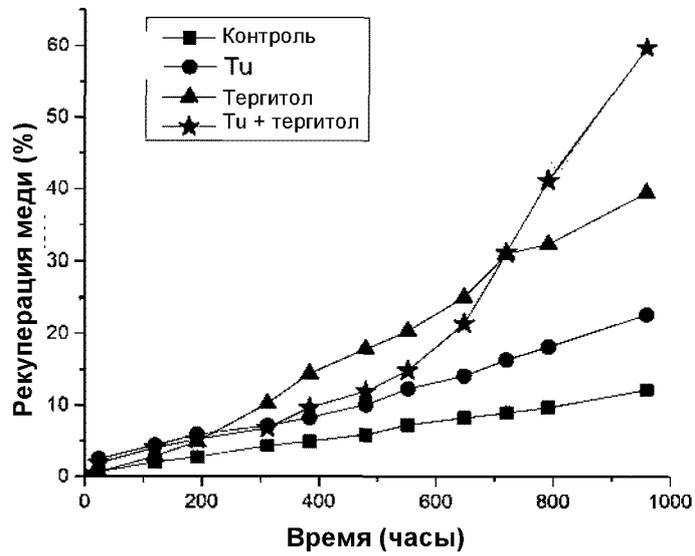
Условия	Извлечение через 600 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 600 ч (%/ч)
Контроль	8,21	0,0189
Только катализатор	22,97	0,0505
Только ПАВ	22,60	0,0253
Катализатор + ПАВ	28,56	0,1100
Сравнительная интенсивность		0,0676
Показатель синергизма		1,6272

ФИГ. 3



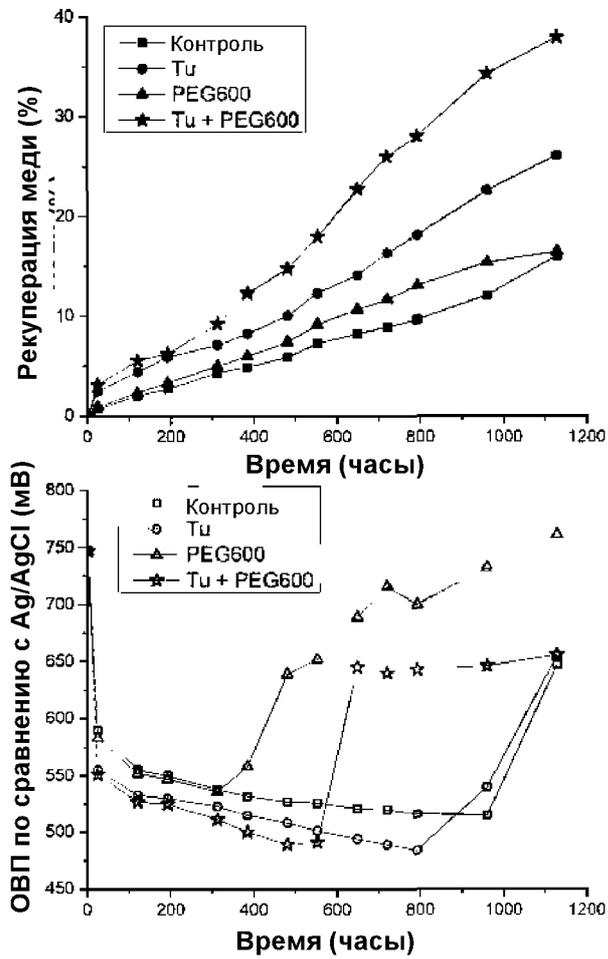
Условия	Извлечение через 600 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 600 ч (%/ч)
Контроль	8,21	0,0189
Только катализатор	22,97	0,0505
Только ПАВ	18,74	0,0158
Катализатор + ПАВ	32,28	0,0805
Сравнительная интенсивность		0,0422
Показатель синергизма		1,9076

ФИГ. 4



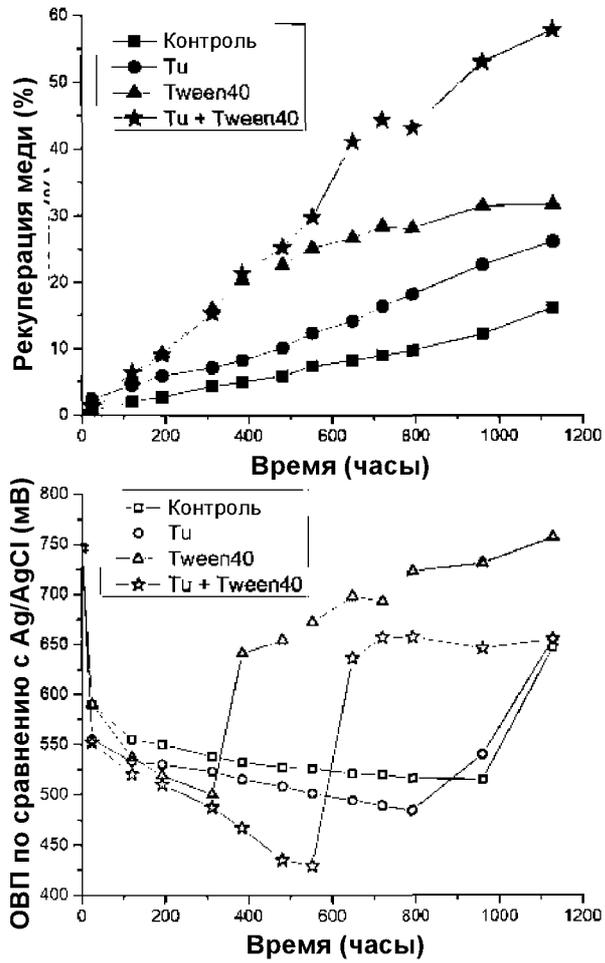
Условия	Извлечение через 960 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 792 ч (%/ч)
Контроль	12,13	0,0116
Только катализатор	22,60	0,0258
Только ПАВ	39,43	0,0257
Катализатор + ПАВ	59,65	0,1304
Сравнительная интенсивность		0,0571
Показатель синергизма		2,2837

ФИГ. 5



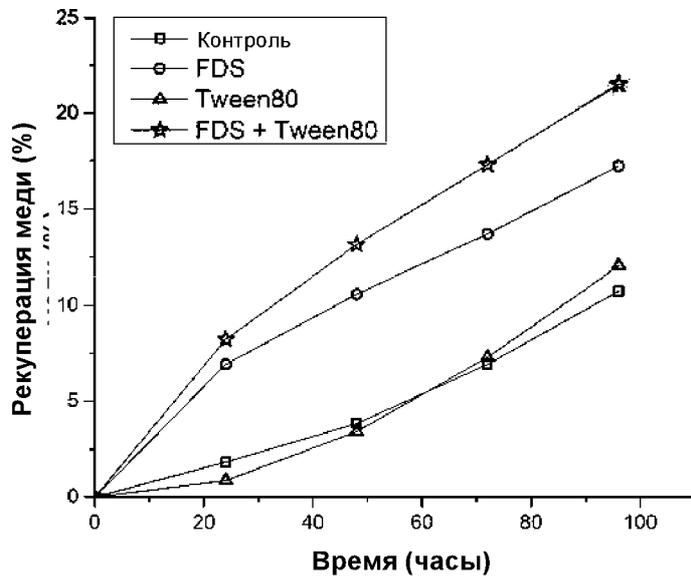
Условия	Извлечение через 1128 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 960 ч (%/ч)
Контроль	16,07	0,0191
Только катализатор	26,11	0,0237
Только ПАВ	16,48	0,0101
Катализатор + ПАВ	37,94	0,0295
Сравнительная интенсивность		0,0125
Показатель синергизма		2,3600

ФИГ. 6



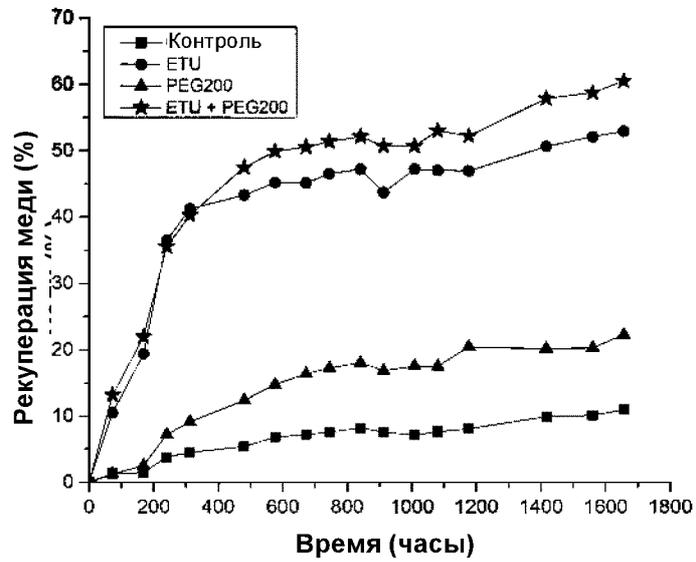
Условия	Извлечение через 1128 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 960 ч (%/ч)
Контроль	16,07	0,0191
Только катализатор	26,11	0,0237
Только ПАВ	31,71	0,0190
Катализатор + ПАВ	57,80	0,0437
Сравнительная интенсивность		0,0191
Показатель синергизма		2,2880

ФИГ. 7



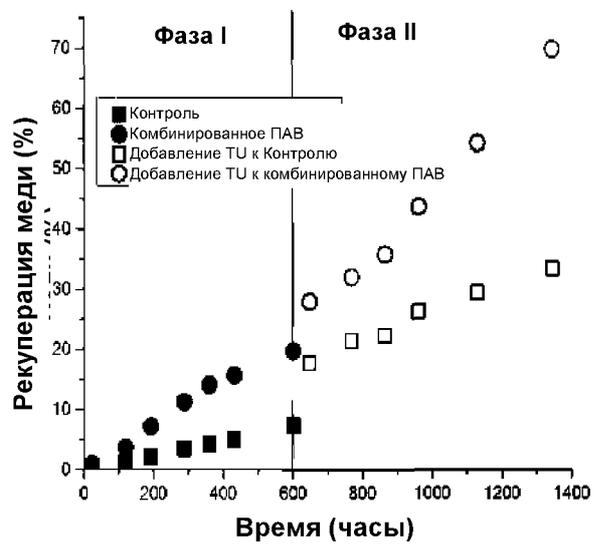
Условия	Извлечение через 72 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 48 ч (%/ч)
Контроль	6,92	0,106
Только катализатор	13,69	0,141
Только ПАВ	7,29	0,134
Катализатор + ПАВ	17,30	0,189
Сравнительная интенсивность		0,178
Показатель синергизма		1,062

ФИГ. 8



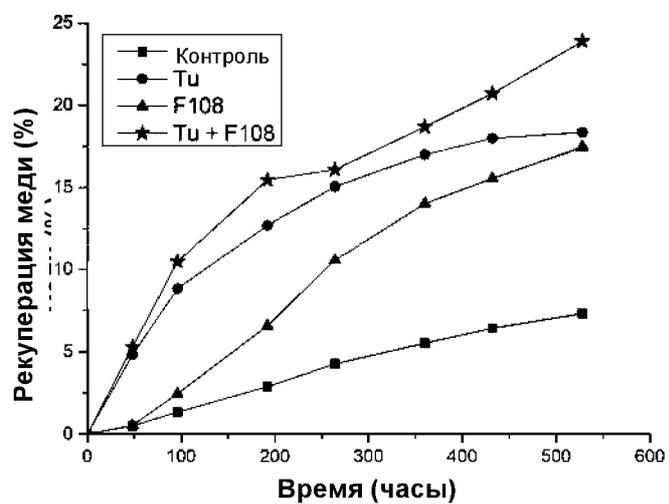
Условия	Извлечение через 1656 ч (%)	Интенсивность выщелачивания (%/ч)
Контроль	10,97	0,00460
Только катализатор	52,93	0,00764
Только ПАВ	22,31	0,0101
Катализатор + ПАВ	60,53	0,0121
Сравнительная интенсивность		0,0109
Показатель синергизма		1,1101

ФИГ. 9



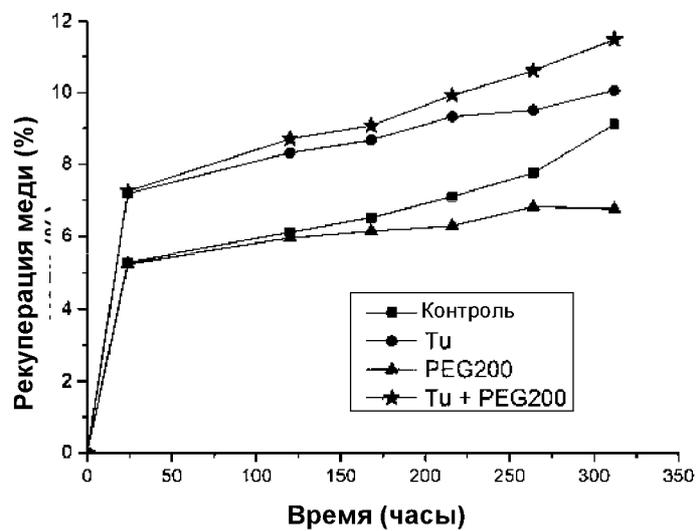
Условия	Извлечение в конце фазы I/II (%)	Средняя интенсивность выщелачивания в фазе I/II (%/ч)
Контроль (Фаза I)	7,30	0,0118
Только катализатор (Фаза I)	26,04	0,0184
Только комбин. ПАВ (Фаза II)	19,67	0,0227
Катализатор + комбин. ПАВ (Фаза II)	50,11	0,0669
Сравнительная интенсивность		0,0354
Показатель синергизма		1,8898

ФИГ. 10



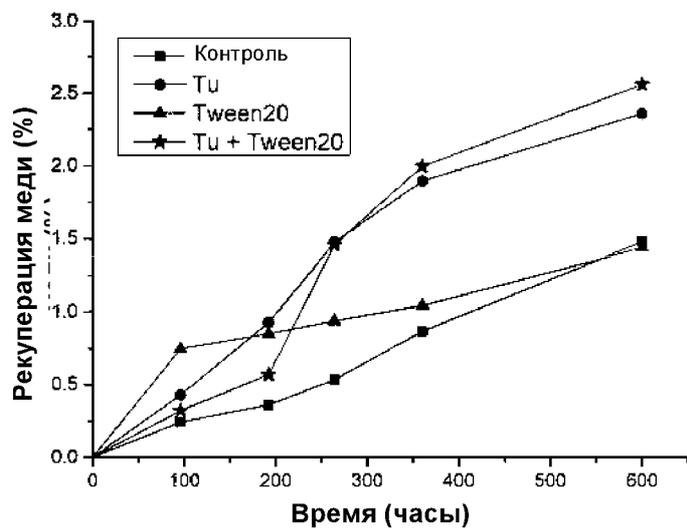
Условия	Извлечение через 528 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 432 ч (%/ч)
Контроль	7,32	0,0111
Только катализатор	1836	0,0095
Только ПАВ	17,45	0,0206
Катализатор + ПАВ	23,89	0,0302
Сравнительная интенсивность		0,0176
Показатель синергизма		1,7181

ФИГ. 11



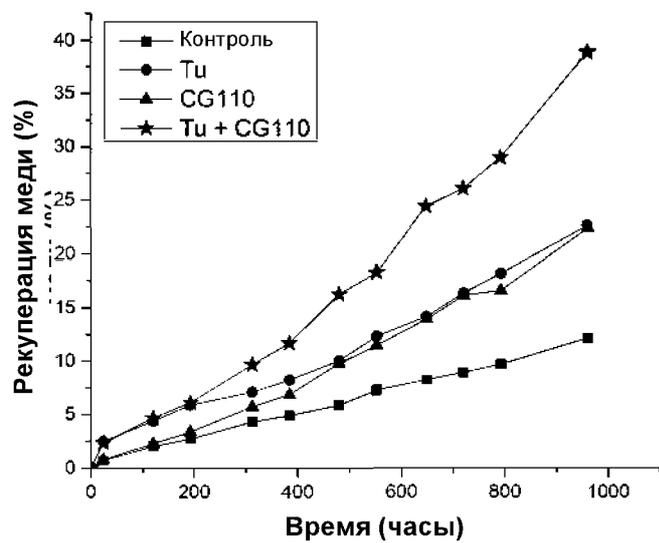
Условия	Извлечение через 312 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 264 ч (%/ч)
Контроль	9,11	0,0146
Только катализатор	10,06	0,0053
Только ПАВ	8,46	0,0159
Катализатор + ПАВ	11,49	0,0114
Сравнительная интенсивность		0,0058
Показатель синергизма		1,9769

ФИГ. 12



Условия	Извлечение через 600 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 360 ч (%/ч)
Контроль	1,48	0,0032
Только катализатор	2,36	0,0037
Только ПАВ	1,44	0,0013
Катализатор + ПАВ	2,56	0,0047
Сравнительная интенсивность		0,0014
Показатель синергизма		3,2337

ФИГ. 13



Условия	Извлечение через 960 ч (%)	Интенсивность выщелачивания через 792 ч (%/ч)
Контроль	12,13	0,0116
Только катализатор	22,60	0,0258
Только ПАВ	22,35	0,0152
Катализатор + ПАВ	38,78	0,0457
Сравнительная интенсивность		0,0337
Показатель синергизма		1,3550

ФИГ. 14