

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202190289

(13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.05.19

(51) Int. Cl. C02F 1/52 (2006.01)
C02F 1/56 (2006.01)
C02F 1/68 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.07.15

(54) ОБРАБОТКА ОТХОДОВ

(31) 62/699,335

(72) Изобретатель:

(32) 2018.07.17

Пэйнтнер Пол К., Миллер Брюс Дж.,
Лупински Эрон (US)

(33) US

(86) PCT/US2019/041751

(74) Представитель:

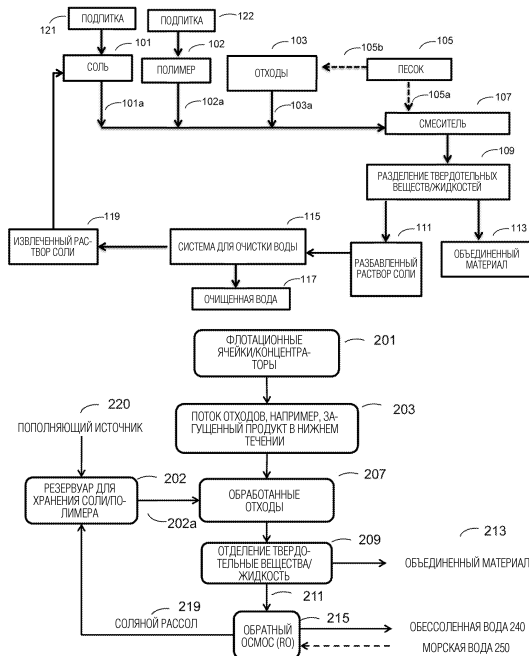
(87) WO 2020/018397 2020.01.23

Медведев В.Н. (RU)

(71) Заявитель:

ЭКСТРАКТ ПРОУСЕСС СОЛЮШНЗ,
ЭлЭлСи (US)

(57) Описаны способы уплотнения отходов, таких как металлические и неметаллические рудные процессы. Способы включают смешивание отходов с высокой концентрацией высокорастворимой в воде соли или ее водного раствора, чтобы дестабилизировать и объединить твердотельные вещества в отходах и отделять объединенные твердотельные вещества от производственной воды.



202190289

A1

A1

202190289

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-566836EA/032

ОБРАБОТКА ОТХОДОВ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001]

Эта заявка притязает на приоритет по предварительной заявке на патент США № 62/699335, поданной 17 июля 2018 г., полное описание которой включено настоящим в данный документ посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002]

Данное изобретение относится к обезвоживанию и уплотнению водных композиций, включающих твердотельные вещества, такие как отходы. Такие отходы происходят от обработки руды, такой как металлические, фосфатные и угольные руды.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0003]

Различные горные работы и процессы извлечения производят поток отходов, характеризуемый как суспензия твердотельных частиц в воде. Эти отходы часто содержат компоненты, которые являются опасными и не могут быть выпущены непосредственным образом в реки и потоки. Обычной практикой является сохранение отходов в прудах, которые могут быть очень большими или включать несколько мест. Например, недавно было оценено, что в Канаде пруды с отходами нефти и песка занимают площадь примерно 200 квадратных километров. В США, Агентство по защите окружающей среды установило более чем 500 прудов с суспензией золы и угля, главным образом в Аппалачском регионе с добычей каменного угля. Во Флориде, разработка фосфатных рудников приводит к производству примерно 100000 тонн в день фосфорсодержащих глин в форме суспензии, которая также сохраняется в прудах. Ее очень трудно обезвоживать и фосфатная промышленность оставляет примерно 40% нарушенных земель после окончанных открытых разработок в нестабильных зонах осаждения глины. Процессы для горных работ и извлечения руд алюминия, меди, цинка, свинца, золота, серебра и т.д. также создают хвостовые потоки. Также представляет особый интерес обработка руд, чтобы рециркулировать воду, однако такое рециркулирование затруднено посредством твердотельных частиц, суспендированных в сточных водах.

[0004]

Управление и устойчивость прудов с отходами порождают значительные и возрастающие проблемы. Дамбы или хвостохранилища, применяемые для образования прудов, часто построены из местного материала и представляют значительную потенциальную опасность. Прорыв дамбы для угольной суспензии в Западной Вирджинии привело к наводнению в долине реки Буффало-Крик, в результате чего погибло более чем 125 человек. Различные другие, более поздние, прорывы дамб в прудах, удерживающих отходы, приводили к значительному, если не к катастрофическому ущербу, наносимому

окружающей среде. Например, в 2016 г. прорыв дамбы для отходов в провинции Хэнань, Китай, высвободил примерно 2 миллиона кубических метров красного шлама, полностью затопивших ближайшее селение. В 2015 г., породные отвалы от рудников для добычи жадеита в Мьянме привели к смерти по меньшей мере 113 человек.

[0005]

В индустрии с использованием нефтеносных песчаников, мелкозернистые частицы определяют как частицы, имеющие диаметр, равный 44 мкм или менее. Они являются частью потока отходов, которая оседает гораздо более медленно, чем крупнозернистый песок, оставляя слой воды с некоторым количеством увлеченных мелкозернистых частиц вблизи поверхности прудов. Эту воду повторно используют в процессе извлечения битума. Первоначально, большинство из мелкозернистых частиц (главным образом частиц кремнезема и глины) образуют промежуточный слой так называемых текучих мелкозернистых отходов (FFT). Эта текучая среда имеет низкое содержание твердотельных веществ, между 15% и 30%, и также называется как текучие мелкозернистые отходы (TFT). Со временем, происходит дополнительное осаждение, однако отрицательный поверхностный заряд минеральных частиц ограничивает агрегирование, и формируется отдельный слой так называемых выдержанных мелкозернистых отходов (MFT). Содержание твердотельных веществ в виде выдержанных мелкозернистых отходов (MFT) составляет в среднем примерно 30%, однако изменяется с глубиной. Они обладают гелеобразными свойствами, которые затрудняют обработку и обезвоживание. Было предположено, что под воздействием одной лишь силы тяжести, компоненты этих отходов могут объединяться от десятков до сотен частиц, чтобы укрупняться и осаждаться, и тем самым делать возможной рекультивацию земель. Отходы от фосфатных рудников во Флориде образуют подобную гелеобразную структуру. Ниже поверхностной корки, эти отходы имеют содержание твердотельных веществ примерно 25% с консистенцией, подобной текучей среде.

[0006]

Пруды, являющиеся так называемыми хвостохранилищами, применяют, чтобы сохранять два вида отходов от обработки и сжигания угля. Угольная зола, которая является остатком от сжигания, является одним из таких материалов и включает несколько компонентов (зольную пыль, зольный остаток и т.д.). Управление по охране окружающей среды (EPA) определило, что 100 миллионов тонн угольной золы было образовано в США в 2012 г. Имеются сухие методы размещения, и угольная зола может также быть перенаправлена в строительный материал, однако по экономическим причинам размещение мокрой золы в золоотстойник стало обычной практикой. Управление по охране окружающей среды (EPA) оценило, что имеется более чем 500 объектов, предположительно золоотстойников (прудов для золы), при более чем 200 электростанциях. Имеет место увеличение экологических проблем в отношении сточных вод от этих прудов.

[0007]

Второй тип пруда в качестве хвостохранилища для отходов от обработки угля сохраняет материал, который является продуктом заводов для обогащения угля, где грунт и скальную породу удаляют от исходного угля, чтобы уменьшить содержание его золы и увеличить его ценность. Это выполняют посредством промывки. Однако, этот процесс очистки угля создает отклоненный поток в форме шлама или суспензии. Эта суспензия содержит очень тонкие частицы угля вместе с другим материалом (таким как глины) и, как и в случае потоков отходов, указанных выше, очень затруднено обезвоживание экономичным образом при применении стандартных способов. Имеется в настоящее время примерно 600 так называемых хвостохранилищ суспензии в США, где эти отходы сохраняют, главным образом в области угольной промышленности в горах Аппалачи. Хвостохранилища могут быть такими большими как 50 акров (5000 м²) в размере и содержать миллиарды галлонов токсичного шлама. Этот материал представляет как экономические затраты в отношении потери ценных ресурсов (в форме мелкозернистых частиц угля), так и значительную опасность вредного воздействия на окружающую среду. Washington Post (24 апреля 2013 г.) сообщила, что исследование, проведенное Управлением по вопросам рекультивации открытых горных разработок, показало, что многие из хвостохранилищ шлама являются непрочными, и известны протечки. По многолетним наблюдениям, происходило несколько катастрофических отказов прудов для золы и шлама, приводящих к значительной гибели людей и нарушению окружающей среды. При угольной промышленности в состоянии упадка и заявлении горнодобывающих компаний о банкротстве, пруды, являющиеся хвостохранилищами, как те, что продолжают использоваться, так и те, что были заброшены, представляют собой значительную и растущую проблему.

[0008]

Производство оксида алюминия из боксита также приводит к образованию значительного потока отходов. Примерно 77 миллионов тонн высокощелочных отходов, образованных в основном оксидом железа и известных как красный шлам или красный ил, образуются каждый год. Это создает значительную проблему удаления, и выход из строя дамбы для отходов приводит к катастрофическим последствиям, как описано выше.

[0009]

Имеет место неудовлетворенная потребность в контроле и обработке водных композиций, включающих суспендированные твердотельные вещества, например, отходы, чтобы уменьшать объем таких отходов и/или чтобы обезвоживать и объединять твердотельные вещества в таких отходах, таким образом, который предпочтителен для улучшения земель и/или рекуперирования воды для применения в добыче полезных ископаемых.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0010]

Преимущества данного изобретения включают процессы обезвоживания водных композиций, включающих суспендированные твердотельные частицы, например, отходы,

чтобы образовывать материалы с высоким содержанием твердотельных веществ.

[0011]

Эти и другие преимущества удовлетворяются, по меньшей мере частично, посредством способа объединения твердотельных веществ в отходах. Данный способ включает обработку отходов высокорастворимой в воде солью. Преимущественно, способ может включать обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью или ее раствором и может необязательно включать один или оба компонента из (i) по меньшей мере одного полимерного флокулянта или его раствора и/или (ii) необязательно грубых частиц, например, песка, чтобы образовать обработанные отходы. Обработанные отходы могут включать объединенный материал в производственной воде, которая может затем подходящим образом быть отделена от объединенного материала.

[0012]

Варианты осуществления способа данного изобретения включают, например, (i) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде, (ii) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и по меньшей мере одним полимерным флокулянтom, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде, (iii) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и грубыми частицами, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде, и (iv) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, по меньшей мере одним полимерным флокулянтom и грубыми частицами, чтобы образовывать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде. Каждый из этих вариантов осуществления может включать водные растворы соли и/или полимерного флокулянта, чтобы обрабатывать отходы. Каждый из этих вариантов осуществления может включать отделение производственной воды от объединенного материала. Предпочтительно, объединенные материалы могут иметь плотность большей величины, чем производственная вода.

[0013]

Варианты осуществления способов включают одну или несколько из следующих особенностей индивидуальным или комбинированным образом. Например, отходы, подлежащие обработке, могут быть образованы от обработки металлической руды, фосфатной руды или угольной руды. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль может иметь растворимость в воде (растворимость соль/вода) по меньшей мере примерно 5 г/100 г при 20 °C, например, по меньшей мере примерно 10 г/100 г при 20 °C. В других вариантах осуществления по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль является негидролизуемой солью. В еще одних вариантах осуществления по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль может иметь одновалентный катион и может включать аммониевую соль, фосфатную

соль или сульфатную соль или же их комбинации.

[0014]

В определенных вариантах осуществления, обработанные отходы могут иметь концентрацию солевых отходов по меньшей мере 0,5 масс.% по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли и предпочтительно не менее чем примерно 0,70 масс.%, такую как по меньшей мере примерно 1 масс.%, 1,25 масс.%, 1,5 масс.%, 1,75 масс.%, 2 масс.% и даже по меньшей мере примерно 2,5 масс.%, 3 масс.%, 4 масс.%, 5 масс.%, и т.д., по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере одним полимерным флокулянт является полиакриламид или его сополимер. Обработанные отходы могут иметь концентрацию полимерных отходов по меньшей мере одного полимерного флокулянта не менее чем ноль и вплоть до примерно 0,001 масс.%, например, вплоть до примерно 0,003 масс.%, 0,005 масс.%, 0,01 масс.% или 0,04 масс.%. В других вариантах осуществления отходы обрабатывают грубыми частицами, например, песком, при отношении песка к мелкозернистым частицам менее чем 4:1, например, включающем от примерно 2,5:1,0 до примерно 0,5:1 или включающем от примерно 2,25:1 до примерно 0,75:1. Преимущественно, при добавлении, полимерный флокулянт может образовывать хлопья высокой плотности, например, имеющие плотность большей величины, чем производственная вода, что способствует отделению и обезвоживанию объединенных материалов.

[0015]

В различных вариантах осуществления, обработка отходов может включать объединение отходов с раствором, включающим по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль и по меньшей мере один полимерный флокулянт. В некоторых вариантах осуществления обработка отходов может включать объединение потока отходов, например, отходов от обработки металлической руды, такой как медная руда, с потоком раствора, включающего по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, и отдельным потоком раствора, включающего по меньшей мере один полимерный флокулянт. В качестве альтернативы или в комбинации, обработка отходов может включать объединение потока отходов с потоком раствора, включающего как по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, так и по меньшей мере один полимерный флокулянт. Грубые частицы (например, песок) могут также быть добавлены к отходам или их потоку и/или к любому или всем потокам раствора. Преимущественно, потоки могут быть смешаны в линии и/или посредством поточного смесителя. В определенных вариантах осуществления, обработка отходов может быть выполнена при температуре окружающей среды, например, не более чем от примерно 2°C до примерно 5°C выше температуры окружающей среды. В других вариантах осуществления обработка отходов может быть выполнена при температуре не более чем примерно 50 °C, например, не более чем примерно 40°C или 30 °C. В еще одних вариантах осуществления, обработка отходов включает применение раствора одной или нескольких высокорастворимых солей,

получаемых от природного или существующего источника, такого как морская вода или сверхсоленая водная масса, или получаемых от отработанного соляного бурового раствора.

[0016]

В еще одних вариантах осуществления производственная вода может быть отделена от объединенного материала посредством одной или нескольких операций из декантирования, фильтрования, вакуумирования, слива самотеком под действием силы тяжести, электрофильтрования и т.д. или их комбинации. В различных вариантах осуществления отделение производственной воды от объединенного материала может включать механическое обезвоживание объединенного материала, например, механическое обезвоживание объединенного материала посредством шнекового обезвоживающего узла, промышленного фильтра, и т.д. Сразу после отделения, объединенный материал может быть перемещен для дополнительного обезвоживания или размещения.

[0017]

При осуществлении на практике аспектов способов данного изобретения и различных вариантов его осуществления, отделенная производственная вода может включать по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, и способ может дополнительно включать одну или несколько следующих операций: (i) извлечение по меньшей мере части отделенной производственной воды; (ii) рециркулирование по меньшей мере части извлеченной отделенной производственной воды, чтобы обрабатывать дополнительные отходы; (iii) очистка по меньшей мере части извлеченной производственной воды; или (iv) концентрирование по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли в извлеченной производственной воде, чтобы образовывать рассол, и применение рассола, чтобы обрабатывать дополнительные отходы.

[0018]

Еще один аспект данного изобретения включает извлечение ценных материалов из водной композиции мелкозернистых частиц, например, отходов. Ценные материалы могут включать редкоземельные элементы (REE), связанные с твердотельными веществами, такими как глины, в отходах из различных видов водных мелкозернистых частиц, таких как поток отходов. Поэтому, при осуществлении на практике определенных аспектов способов по данному изобретению и различных вариантов его осуществления, водные композиции могут дополнительно включать материалы с редкоземельными элементами, которые могут быть извлечены посредством обработки отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, например, аммониевой солью, такой как сульфат аммония, чтобы образовать обработанные отходы, включающие редкоземельные элементы (REE), в производственной воде и/или в объединенных материалах. В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает отделение производственной воды от объединенного материала и извлечение редкоземельных

элементов (REE) из отделенной производственной воды и/или объединенных материалов.

[0019]

Выгодным образом, способы по данному изобретению могут объединять твердотельные вещества отходов, чтобы образовывать объединенный материал, имеющий содержание твердотельных веществ более чем примерно 45% по массе, например, содержание твердотельных веществ более чем примерно 50% и более чем примерно 60%, 65%, 70% и 75% по массе.

[0020]

При осуществлении на практике определенных аспектов способов по данному изобретению и различных вариантов его осуществления, объединенный материал, образованный в обработанных отходах, в соответствии с определенными вариантами осуществления, может приводить к высокому содержанию твердотельных веществ после смешивания и/или обезвоживания обработанных отходов в течение короткого периода времени. В некоторых вариантах осуществления объединенный материал может иметь содержание твердотельных веществ более чем примерно 50% и по меньшей мере примерно 60%, 65%, 70%, 75% и 80% по массе после смешивания и/или обезвоживания.

[0021]

Другой аспект данного изобретения включает водный раствор для обработки водных мелкозернистых частиц. Водный раствор включает высокорастворимую в воде аммониевую соль и полимерный флокулянт, например, водорастворимый полимер. Варианты осуществления включают, совместно или отдельным образом, водный раствор одной или нескольких высокорастворимых в воде солей, имеющий концентрацию не менее чем примерно 1 масс.%, например, по меньшей мере примерно 2 масс.%, 5 масс.%, 10 масс.%, 20 масс.%, 30 масс.% и даже такую высокую как 40 масс.%, или водную суспензию соли. Водный раствор может также включать один или несколько полимерных флокулянтов, при концентрации не менее чем ноль и вплоть до примерно 0,005 масс.%, например, вплоть до примерно 0,01 масс.%, 0,04 масс.%, 0,05 масс.%, 0,1 масс.%, 0,2 масс.%, 0,4 масс.%.

[0022]

Дополнительные преимущества данного изобретения станут ясно очевидными специалистам в данной области техники из последующего подробного описания, где представлен и описан лишь предпочтительный вариант осуществления данного изобретения, всего лишь посредством иллюстрирования лучшего варианта, представляющего выполнение данного изобретения. При реализации, данное изобретение предоставляет возможность других и отличных вариантов осуществления, и некоторые его детали допускают модификации в различных очевидных аспектах, все без отклонения от сущности данного изобретения. Соответственно, чертежи и описание предназначены являться иллюстративными по природе и неограничивающими.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0023]

Ссылки сделаны на прилагаемые чертежи, где элементы, имеющие одни и те же цифровые обозначения, представляют аналогичные элементы на всем протяжении и где:

[0024]

Фиг. 1А схематически иллюстрирует способ уплотнения потока отходов в соответствии с аспектами данного изобретения.

[0025]

Фиг. 1В схематически иллюстрирует другой способ уплотнения потока отходов в соответствии с аспектами данного изобретения.

[0026]

Фиг. 2 показывает фотографии флаконов, содержащих суспензию угольных отходов, обработанную в соответствии с вариантом осуществления данного изобретения. Фотографии показывают угольную суспензию после добавления ионного раствора (слева), последующего центрифугирования (посередине) и после удаления надосадочного раствора (справа).

[0027]

Фиг. 3 показывает фотографии обезвоженной угольной суспензии от Фиг. 2 после удаления из флакона (слева) и последующего ручного прессования между бумажными полотенцами.

[0028]

Фиг. 4 показывает фотографии флаконов, содержащих выдержанные мелкозернистые отходы от обработки нефтеносных песчаников, обработанные раствором аммониевой соли, включающим полиакриламидный флокулянт при концентрациях, указанных на фигуре.

[0029]

Фиг. 5 показывает фотографии флаконов, содержащих выдержанные мелкозернистые отходы, обработанные аммониевой солью, и полиакриламидный флокулянт, и иллюстрируют эффекты увеличения концентрации соли и уменьшения концентрации полимера при условиях испытания.

[0030]

Фиг. 6 показывает фотографию флаконов, содержащих выдержанные мелкозернистые отходы от обработки нефтеносных песчаников, обработанные морской водой, которая включала различные количества полиакриламидного флокулянта.

[0031]

Фиг. 7А, 7В и 7С показывают фотографии обработанных отходов, образованных от обработки медной руды.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0032]

Данное изобретение относится к обработке отходов и других водных композиций, которые включают твердотельные вещества, чтобы уплотнять и обезвоживать отходы. Отходы обычно производятся при горных работах и обработке руд, таких как руды

металлов, например, алюминия, меди, цинка, свинца, железа, золота, серебра, молибдена, лития и т.д., неметаллических руд, например, фосфатной руды, нитратной руды, иодной руды, нефтеносных песчаников и т.д. Водные композиции мелкозернистых частиц могут также быть образованы при обработке угля. Например, определенные процессы обработки тонко измельчают уголь перед сжиганием, чтобы быстрее освободить пирит (сернистое соединение), и соответственно уменьшают эмиссии серы при сжигании измельченного угля. Такие процессы могут производить тонкие частицы угля, а также другие тонкоизмельченные минералы или минеральные вещества в водной композиции, которые трудно захватывать и повторно использовать.

[0033]

Макрочастицы твердотельных веществ в отходах или водных композициях по данному изобретению могут быть минералами и минералоподобными материалами, а именно, минеральными веществами, глинами, илом, и находиться по размерам в интервале от мелкозернистых частиц до крупнозернистых твердотельных веществ. Термин «мелкие минеральные фракции», как использовано в данном документе, соответствует системе классификации канадских нефтеносных песков и означает твердотельные частицы с размерами, равными или менее чем 44 микрона (мкм). Песком считаются твердотельные частицы с размерами более чем 44 мкм. Композиция мелкозернистых частиц зависит от источника материалов, однако обычно мелкозернистые частицы состоят в основном из ила и глинистого материала, и иногда минералов или минеральных веществ, в зависимости от руды. Отходы могут иметь различное содержание твердотельных веществ и различные количества мелкозернистых частиц в качестве их содержания твердотельных веществ. Отходы, обработанные в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения, могут включать значительное количество мелкозернистых частиц по массе (>5 масс.%) в качестве их содержания твердотельных веществ. Такие отходы могут включать по меньшей мере примерно 10 масс.%, 20 масс.%, 30 масс.%, 40 масс.%, 50 масс.%, 60 масс.%, 70 масс.% или более мелкозернистых частиц в качестве их содержания твердотельных веществ.

[0034]

Выгодным образом, способ по данному изобретению может объединять твердотельные вещества отходов, чтобы образовывать объединенный материал, имеющий содержание твердотельных веществ более чем примерно 45% по массе, например, содержание твердотельных веществ более чем примерно 50% и более чем примерно 60%, 65%, 70% и 75% по массе.

[0035]

Термины «коагуляция» и «флокуляция» часто применяют взаимозаменяемым образом в литературе. Как использовано в данном документе, однако, коагуляция означает агрегирование частиц, вызванное добавлением гидролизуемых солей, в то время как флокуляция означает агрегирование частиц под воздействием флокулирующих полимеров. Гидролизуемые соли подвергаются гидролизу, когда они добавлены к воде,

чтобы образовывать гидроксиды металлов, которые осаждаются из раствора, захватывая мелкозернистые частицы и другие минералы в коагулированной массе. Гидролизуемые соли типично имеют низкую растворимость в воде и применяются в качестве коагулянтов. Агрегирование, вызванное флокуляцией, в противоположность этому, как полагают, является результатом связывания частиц одних с другими в виде так называемых хлопьев, вызывающего агрегирование частиц.

[0036]

При осуществлении на практике аспектов данного изобретения, отходы и другая водная композиция твердотельных веществ и производственной воды могут быть объединены посредством обработки отходов посредством одной или нескольких высокорастворимых в воде солей или их водным раствором, чтобы дестабилизировать и объединять твердотельные вещества в отходах, например, чтобы дестабилизировать и объединять крупнозернистые и мелкозернистые частицы в отходах. Агрегирование, вызванное добавлением солей, как полагают, является результатом дестабилизации частиц, суспендированных в текучей среде, посредством изменения или экранирования поверхностного электрического заряда частиц, чтобы уменьшить силы отталкивания между частицами, которые препятствуют агрегированию. В определенных вариантах осуществления, отходы, например, суспензию макрочастиц твердотельных веществ, которые могут включать мелкозернистые частицы, в производственной воде обрабатывают. Такие отходы, которые могут быть обработаны, включают потоки отходов от обработки руд металлов, неметаллических руд или угольную суспензию. Способ включает обработку отходов одной или несколькими высокорастворимыми в воде солями или их водным раствором, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал, например, объединенные твердотельные вещества и/или мелкозернистые частицы, в производственной воде. Производственная вода может затем быть отделена от объединенного материала. Преимущественно, объединенный материал имеет содержание твердотельных веществ по меньшей мере 45% по массе, например, содержание твердотельных веществ более чем примерно 50% и более чем примерно 60%, 65%, 70% и 75% по массе.

[0037]

Соли, которые применимы при осуществлении на практике данного изобретения, включают соли, которые являются высокорастворимыми в воде. Высокорастворимая в воде соль, как использовано в данном документе, является солью, которая имеет растворимость в воде более чем 2 г соли на 100 г воды (т.е. растворимость соль/вода 2 г/100 г) при 20°C. Предпочтительно высокорастворимая в воде соль имеет растворимость в воде по меньшей мере примерно 5 г/100 г при 20°C, например, по меньшей мере примерно 10 г/100 г соль/вода при 20°C.

[0038]

Кроме того, соли, высокорастворимые в воде, применяемые в способах по данному изобретению, являются предпочтительно негидролизуемыми. Гидролизуемые соли

подвергаются гидролизу при добавлении к воде с образованием гидроксидов металлов, которые осаждаются из раствора. Такие гидролизуемые соли, как полагают, образуют открытые хлопья с ухудшенным содержанием твердотельных веществ и не могут быть легко повторно использованы для применения с дополнительными отходами в непрерывных или полунепрерывных процессах. Кроме того, гидролизуемые соли обычно имеют низкую растворимость в воде и применимы при повышенных температурах, чтобы улучшить достаточную растворимость для агрегирования, которое является энергоемким процессом. См. патент США 4225433, который раскрывает применение извести в качестве коагулирующего агента при температуре 75 °С.

[0039]

Кроме того, высокорастворимые в воде соли являются предпочтительно не карбоксилатными солями, поскольку такие соли органической кислоты склонны являться более дорогостоящими, чем неорганические соли, и могут быть вредными для завода и/или животного мира.

[0040]

Соли, высокорастворимые в воде, которые не являются гидролизуемыми и применимы при осуществлении способов по данному изобретению, включают соли, имеющие одновалентный катион, например, щелочно-галогидные соли, такие как хлорид натрия, хлорид калия; также соли с одновалентными катионами, такие как нитрат натрия, нитрат калия, фосфаты натрия и калия, сульфаты натрия и калия, и т.д., применимы при осуществлении способов по данному изобретению. Другие одновалентные катионные соли, применимые при осуществлении способов по данному изобретению, включают аммониевые соли, такие как ацетат аммония ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$), хлорид аммония (NH_4Cl), бромид аммония (NH_4Br), карбонат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), бикарбонат аммония (NH_4HCO_3), нитрат аммония (NH_4NO_3), сульфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), гидросульфат аммония (NH_4HSO_4), дигидрофосфат аммония ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), гидрофосфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), фосфат аммония ($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$) и т.д. Также могут быть использованы смеси таких солей.

[0041]

Аммониевые соли применимы для практического осуществления данного изобретения, поскольку остаточные аммониевые соли на объединенном материале после объединения соли с водными мелкозернистыми частицами, например, отходами, могут быть полезными для флоры. В сущности, многие аммониевые соли применимы в качестве удобрений, например, хлорид аммония, нитрат аммония, сульфат аммония и т.д. Многие из одновалентных сульфатных и фосфатных солей также применимы в качестве удобрений. В определенных вариантах осуществления данного изобретения, высокорастворимая в воде соль или соли, применяемые в способах по данному изобретению, могут предпочтительно являться нетоксичными и полезными для флоры, чтобы способствовать восстановлению окружающей среды и рекультивации рудничных площадок.

[0042]

Соли, высокорастворимые в воде, которые могут быть применены при осуществлении данного способа, могут также включать соли, имеющие многовалентные катионы. Такие соли включают, например, соли с двухвалентным катионом, такие как соли с катионом кальция и магния, такие как хлорид кальция (CaCl_2), бромид кальция (CaBr_2), нитрат кальция ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), хлорид магния (MgCl_2), бромид магния (MgBr_2), нитрат магния ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), сульфат магния (MgSO_4); и соли с трехвалентным катионом, такие как соли с катионом алюминия и железа (III), например, хлорид алюминия (AlCl_3), нитрат алюминия ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$), сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), хлорид железа (III) (FeCl_3), нитрат железа (III) ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$), сульфат железа (III) ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), и т.д. Как пояснено выше, соли, высокорастворимые в воде, применяемые в способах по данному изобретению, являются предпочтительно негидролизуемыми. Многие из солей с многовалентными катионами являются гидролизуемыми и, соответственно, менее предпочтительными по причинам, изложенным выше. Более того, эксперименты с многовалентными солями показали увеличенное засорение контейнеров и образование менее связанных уплотненных материалов по сравнению с солями, высокорастворимыми в воде, имеющими одновалентные катионы. Кроме того, некоторые многовалентные соли, такие как FeCl_3 и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, являются чрезвычайно коррозионными, и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ образуется при окислении пирита и приводит к избытку кислых шахтных вод, что делает такие соли менее предпочтительными для применения в способах по данному изобретению.

[0043]

Когда достаточно высокая концентрация высокорастворимой в воде соли включена в обработанные отходы, соль может дестабилизировать и объединять твердотельные вещества в отходах. Для сравнительно коротких времен процесса со сравнительно низкой потребляемой энергией концентрация солевых отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли должна предпочтительно составлять по меньшей мере 0,5 масс.% и предпочтительно не менее чем примерно 0,70 масс.%, например, по меньшей мере примерно 1 масс.%, 1,25 масс.%, 1,5 масс.%, 1,75 масс.%, 2 масс.% и даже по меньшей мере примерно 2,5 масс.%, 3 масс.%, 4 масс.%, 5 масс.%, и т.д. Термин «концентрация солевых отходов», как использовано в данном документе, относится к концентрации одной или нескольких высокорастворимых в воде солей в обработанных отходах и определяется посредством процентной доли массы одной или нескольких высокорастворимых в воде солей, деленной на общую массу соли или солей плюс отходы и любой воды, примененной для растворения соли или солей. Например, объединение 1 части нерастворенной (т.е. чистой) соли с 99 частями отходов по массе приводит к концентрации солевых отходов 1 масс.%. В качестве альтернативы, обработка отходов равной массой 2 масс.%-ного раствора соли также приводит к концентрации солевых отходов 1 масс.% в обработанных отходах.

[0044]

Одна или несколько высокорастворимых в воде солей могут быть применены,

чтобы обработать композиции по данному изобретению в качестве твердотельного вещества, например, посредством объединения соли в виде порошка с отходами. В качестве альтернативы, соль может быть применена для обработки в виде раствора, например, посредством объединения водного раствора соли с композициями. В некоторых аспектах данного изобретения, водный раствор высокорастворимой в воде соли может быть приготовлен таким образом, что он имеет концентрацию не менее чем примерно 1 масс.%, например, более чем примерно 2 масс.%, 5 масс.%, 10 масс.%, 20 масс.%, 30 масс.% и даже такую высокую как 40 масс.%, или в виде водной суспензии соли. Отходы и раствор или суспензия соли должны быть смешаны при соотношении, достаточном, чтобы дестабилизировать отходы и вызывать объединение твердотельных веществ в них. В одном аспекте данного изобретения, отходы и раствор соли могут быть смешаны при отношении отходов к раствору соли в интервале примерно от 80:1 до 1:1, например, от 70:1 до 1:1, от 50:1 до 1:1, от 30:1 до 1:1, от 20:1 до 1:1, от 15:1 до 1:1, от 10:1 до 1:1, от 5:1 до 1:1, и/или от примерно 2:1 до 1:1 отходов к раствору соли.

[0045]

В некоторых вариантах осуществления данных способов, может являться более выгодным применение природного источника высокорастворимой соли или солей, такого как в природной массе воды, включающей такие соли в достаточно высокой концентрации, такой как по меньшей мере примерно 2 масс.% и даже по меньшей мере примерно 3 масс.% или более. Например, океаническая или морская вода может быть применена в качестве источника высокорастворимых солей, который может значительно улучшать экономику процессов при определенных условиях. Подавляющее большинство морских вод имеет соленость между 31 г/кг и 38 г/кг, а именно, 3,1-3,8%. В среднем, морская вода в мировых океанах имеет соленость примерно 3,5% (35 г/л, 599 мМ). Морская вода включает смесь солей, содержащих не только катионы натрия и анионы хлора (совместно составляющих примерно 85% присутствующих растворенных солей), но также сульфатные анионы и катионы кальция, калия и магния. Имеются другие присутствующие ионы (такие как бикарбонатные), однако указанные являются основными компонентами. Другие природные источники высокорастворимых солей, которые могут быть применены в качестве источника высокорастворимых солей, включают сверхсоленую водную массу, например, сверхсоленое озеро, пруд или водохранилище. Сверхсоленая водная масса является массой воды, которая имеет высокую концентрацию хлорида натрия и других высокорастворимых солей с уровнями солености, превосходящими океаническую воду, например, более чем 3,8 масс.% и обычно более чем примерно 10 масс.%. Такие сверхсоленые водные массы расположены на поверхности земли и также под поверхностью, последние могут быть подняты на поверхность в результате горнорудных работ.

[0046]

В других вариантах осуществления способов по данному изобретению, может быть выгодным применение рассола, полученного при обессоливании соленой воды, в качестве

источника высокорастворимой соли (или солей). Рассол может быть применен единственным образом в качестве источника высокорастворимой соли (или солей) или в комбинации с другим источником высокорастворимой соли (или солей), таким как морская вода. Морскую воду применяли в процессах измельчения и флотации добываемой медной руды. См. Moreno et al., «The use of seawater as process water at Las Lucas copper-molybdenum beneficiation plant in Taltal (Chile)», *Minerals Engineering* 2011:24:852-858. Однако, применение морской воды требует увеличенных капитальных затрат и затрат на техническое обслуживание, чтобы противодействовать коррозионному действию морской воды. Также морская вода может отрицательным образом влиять на выход производимых определенных медных минералов. См. Jeldres et al., «Effect of seawater on sulfide ore flotation: a review», *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review* 2016:37(6):369-384. Для того, чтобы противостоять неблагоприятным эффектам морской воды, некоторые операции по добыче полезных ископаемых обессоливают морскую воду, чтобы получать обессоленную воду для этих операций по добыче полезных ископаемых. Обессоливаемая морская вода, однако, производит поток соляных отходов. См. Gálvez et al., «Innovative Solutions for Seawater Use in Mining Operations, Case Study of Innovative Projects Bernardo Llamas, IntechOpen», DOI: 10.5772/intechopen.68191, опубликовано 30 августа 2017 г. Полагают, что ни морская вода, ни соляные отходы не могут быть использованы для обработки отходов от горных работ. Поэтому, в некоторых вариантах представленных процессов, отходы от рудных процессов, таких как процессы получения металла, могут быть обработаны соляными отходами от обессоливания в качестве источника по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли, с или без других источников высокорастворимой соли (или солей), таких как морская вода.

[0047]

После обработки отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью твердотельные вещества в отходах могут быть объединены, например, посредством смешивания с последующим осаждением под действием силы тяжести в отстойном резервуаре или посредством механического объединения, такого как прессование или центрифугирование, чтобы увеличить степень образования объединенного материала в обработанных отходах. Объединенный материал может быть отделен от производственной воды посредством декантирования, фильтрования, электрофильтрации, фильтрования в поперечном потоке, вакуумирования и/или посредством механического обезвоживания, т.е. посредством применения внешнего усилия к объединенному материалу. Сразу после отделения, объединенный материал может быть перемещен для дополнительного обезвоживания или размещения.

[0048]

Хотя высокорастворимая в воде соль может дестабилизировать и объединять твердотельные вещества в отходах, было найдено, что способ может быть значительно улучшен посредством добавления одного или нескольких полимерных флокулянтов. Добавление полимерного флокулянта к обработанным отходам уменьшает время

образования объединенного материала.

[0049]

Одни или несколько полимерных флокулянтов могут быть добавлены одновременно с обработкой отходов или после нее по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовать обработанные отходы. Один или несколько полимерного флокулянтов могут также быть добавлены перед обработкой отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, однако проявляется более эффективным образом добавление флокулянта, даже в отходы, уже содержащие полимерный флокулянт, такой как загуститель в отходах в нижнем потоке, одновременно или последовательно с по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовывать обработанные отходы.

[0050]

Кроме того, способы по данному изобретению могут также включать обработку водных мелкозернистых частиц грубыми частицами, например, частицами с размерами более чем 44 мкм, такими как песок, чтобы значительно увеличить содержание твердотельных веществ. Смешивание с песком является подходящим для водных мелкозернистых частиц, которые имеют твердотельные вещества в основном в виде мелкозернистых частиц, поскольку мелкозернистые частицы могут находиться в порах между грубыми частицами, улучшая уплотнение и увеличивая содержание твердотельных веществ. Было найдено, однако, что для определенных композиций, таких как угольная суспензия и отходы металлической руды, добавление песка не требовалось, чтобы достигнуть высокого содержания твердотельных веществ, когда имело место значительное содержание грубых частиц, присутствующих в отходах, чтобы предоставлять высокое содержание твердотельных веществ в течение короткого периода времени.

[0051]

Соответственно, варианты осуществления способа данного изобретения включают, например, (i) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде, (ii) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и по меньшей мере одним полимерным флокулянтом, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде, (iii) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и грубыми частицами, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде, и (iv) обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, по меньшей мере одним полимерным флокулянтом и грубыми частицами, чтобы образовывать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде. Каждый из этих вариантов осуществления может включать водные растворы соли и/или полимерного флокулянта, чтобы обрабатывать отходы. Каждый из этих вариантов

осуществления может включать отделение производственной воды от объединенного материала. Предпочтительно, объединенный материал имеет плотность большей величины, чем производственная вода. Производственная вода может быть затем легко отделена от объединенного материала, например, посредством одной или нескольких операций из декантирования, фильтрования, слива самотеком под действием силы тяжести, электрофильтрования, фильтрования в поперечном потоке, вакуумирования и других технологий испарения, и т.д., и/или посредством одного или нескольких устройств для обезвоживания объединенного материала, таких как центрифуга, декантирующая центрифуга, шнековый обезвоживающий узел, гидроциклон, вакуумный ленточный фильтр, фильтр-пресс или прессующие устройства, и т.д. Кроме того, отделенный объединенный материал может быть расположен или нанесен на удерживающую структуру, которая делает возможным удаление воды, высвобожденной из объединенного материала. Кроме того, производственная вода, отделенная от обработанных отходов, может быть возвращена обратно, чтобы обрабатывать дополнительные отходы.

[0052]

Полимеры, которые применимы при осуществлении на практике данного изобретения, включают водорастворимые флокулирующие полимеры, такие как полиакриламиды или их сополимеры, такие как неионный полиакриламид, анионный полиакриламид (АРАМ), такой как сополимер полиакриламида и акриловой кислоты, и катионные полиакриламиды (СРАМ), которые могут содержать сомомеры, такие как хлорид акрилоксиэтилтриметиламмония, хлорид метакрилоксиэтилтриметиламмония, хлорид диметилдиаллиламмония (DMDAAC), и т.д. Другие водорастворимые флокулирующие полимеры, применимые для осуществления на практике данного изобретения, включают полиамин, такой как полиамин или его четвертичную форму, например, сополимер полиакриламида и диметиламиноэтилакрилата в четвертичной форме, полиэтиленмин, хлорид полидиаллилдиметиламмония, полидициандиамида или их сополимеры, сополимер полиамида и амина, полиэлектролиты, такие как сульфонируемые полистиролы, могут также быть применены. Другие водорастворимые полимеры, такие как полиэтиленоксид и его сополимеры могут также быть применены. Полимерные флокулянты могут быть синтезированы в формах с различными молекулярными массами (MW), типами электрического заряда и величинами плотности заряда, чтобы соответствовать конкретным требованиям. Преимущественно, флокулирующий полимер, применяемый при осуществлении на практике способов по данному изобретению, не включает применение активированных полисахаридов или активированных крахмалов, а именно, полисахаридов и крахмалов, которые были термообработаны, в значительных количествах, чтобы уменьшать плотность хлопьев до величины ниже плотности производственной воды, от которой они отделены. Такие активированные полисахариды и активированные крахмалы, при применении в достаточно высоких количествах, склонны к образованию хлопьев с низкой плотностью, которые поднимаются к поверхности водной композиции, что может затруднять удаление

твердотельных веществ в крупномасштабных операциях, включающих высокое содержание твердотельных веществ, и может также затруднять обезвоживание объединенного материала.

[0053]

Количество полимера(ов), применяемого(ых) для обработки отходов, должно предпочтительно является достаточным, чтобы флокулировать твердотельные вещества в отходах и любые добавленные грубые частицы, например, песок. Количество полимера(ов), применяемого(ых), чтобы обрабатывать отходы, может быть охарактеризовано как концентрация в расчете на общую массу отходов или как количество в расчете на массовый процент твердотельных веществ в отходах.

[0054]

В некоторых вариантах осуществления по данному изобретению концентрация одного или нескольких полимерных флокулянтов в обработанных отходах имеет концентрацию полимерных отходов вплоть до примерно 0,001 масс.%, например, вплоть до примерно 0,003 масс.%, 0,005 масс.% или вплоть до примерно 0,01 масс.%. Для сравнительно коротких времен обработки, объединение твердотельных веществ может быть достигнуто при концентрациях полимерных отходов не менее чем примерно 0,04 масс.%. Термин «концентрация полимерных отходов», как использовано в данном документе, относится к концентрации одного или нескольких флокулирующих полимеров в обработанных отходах, и она определяется посредством процентного содержания массы полимера(ов), деленной общую массу полимера(ов) плюс отходы и любая вода, примененная для растворения полимера(ов). Например, объединение 1 части нерастворенного (т.е. чистого) полимера с 9999 частями отходов по массе приводит к концентрации полимерных отходов 0,01 масс.%. В качестве альтернативы, обработка отходов равной массой 0,02 масс.%-ного раствора полимера также приводит к концентрации отходов 0,01 масс.%. В определенных вариантах осуществления отходы обрабатывают по меньшей мере одним полимерным флокулянтом, чтобы получить концентрацию полимерных отходов вплоть до примерно 0,02 масс.%, такую как вплоть до примерно 0,03 масс.%, 0,04 масс.%, 0,05 масс.%, и даже вплоть до примерно 0,07 масс.%, 0,09 масс.%, 0,1 масс.%, 0,2 масс.%, и т.д. Количество полимерного флокулянта может быть применено при более высоких концентрациях. Однако, при высоких концентрациях становится затрудненным растворение флокулянта, раствор становится слишком вязким, и процесс является менее экономичным.

[0055]

В некоторых вариантах осуществления данного изобретения, концентрация одного или нескольких полимерных флокулянтов в обработанных отходах, имеет количество (массу флокулянта(флокулянтов) по отношению к массе твердотельных веществ в отходах) не менее нуля и вплоть до примерно 0,005 масс.%, например, вплоть до примерно 0,01 масс.% и в некоторых вариантах осуществления вплоть до примерно 0,015 масс.%, 0,020 масс.%, 0,025 масс.%, 0,03 масс.% или 0,04 масс.%.

[0056]

Количество полимерного флокулянта может быть уменьшено, если концентрация солевых отходов увеличена. Наряду с тем, что причина этого эффекта является неясной, очень низкая концентрация полимерных отходов, вплоть до примерно 0,001 масс.%, например, вплоть до примерно 0,003 масс.%, 0,005 масс.%, 0,01 масс.%, 0,02 масс.%, 0,03 масс.%, 0,04 масс.%, 0,05 wt %, например, может достигать довольно быстрого объединения твердотельных веществ в отходах, если концентрация солевых отходов увеличена.

[0057]

Грубые частицы, применяемые для осуществления на практике определенных способов в соответствии с данным изобретением, являются предпочтительно песком и при применении для обработки композиций количество таких частиц, предпочтительно песка, по отношению к мелкозернистым частицам (SFR отношение) составляет менее чем 4:1, например, включая от примерно 2,5:1,0 до примерно 0,5:1 или включая от примерно 2,25:1 до примерно 0,75:1. Отношение SFR вычисляют посредством количества песка, добавленного к предполагаемому количеству твердотельных мелкозернистых частиц в водных мелкозернистых частицах в расчете на массу. Полагают, что применение грубых частиц способствует уплотнению объединенных мелкозернистых частиц, которые преимущественно увеличивают содержание твердотельных веществ и могут также образовывать сжатую структуру объединенных твердотельных веществ, например, структуру, в которой обычно отдельные частицы объединенного твердотельного вещества не могут больше быть свободными по отношению к другим частицам.

[0058]

Обработка отходов, например, отходов от процессов добычи металлической руды и неметаллической руды, с по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и необязательно с одним или обоими из по меньшей мере одного полимерного флокулянта и/или необязательно песка может быть выполнена рядом способов. В определенных вариантах осуществления обработка отходов включает объединение и/или смешивание различных компонентов. Кроме того, по меньшей мере одна соль может быть добавлена непосредственным образом к отходам в качестве неразбавленного твердотельного вещества в порошковой форме или в качестве раствора; по меньшей мере один полимерный флокулянт может быть добавлен непосредственным образом к отходам в качестве неразбавленного материала или в качестве раствора, и необязательно грубые частицы (например, песок) могут быть добавлены к отходам непосредственным образом или вместе с солью и/или полимером или их растворами. Соль и полимер могут быть объединены в одном растворе, с песком или без него, и объединены с отходами. Порядок объединения соли, полимера и необязательно песка с отходами может предоставлять эквивалентные результаты, и оптимизация процесса будет зависеть от природы отходов и масштаба и оборудования, применяемого в процессе.

[0059]

Однако, оказывается предпочтение более удобному применению одного или нескольких растворов одной или нескольких высокорастворимых в воде солей и одного или нескольких полимерных флокулянтов с последующим объединением одного или нескольких растворов с отходами. В определенных вариантах осуществления водный раствор одной или нескольких высокорастворимых в воде солей может быть применен как имеющий концентрацию не менее чем примерно 0,5 масс.% или 1 масс.%, например, по меньшей мере примерно 2 масс.%, 3 масс.%, 4 масс.%, 5 масс.%, 6 масс.%, 7 масс.%, 8 масс.%, 10 масс.%, 15 масс.%, 20 масс.%, 30 масс.% и даже такую высокую как 40 масс.%, или как водную суспензию соли для применения при обработке отходов. Один или несколько полимерных флокулянтов могут также быть включены в водный раствор одной или нескольких солей при концентрации вплоть до примерно 0,005 масс.%, например, вплоть до примерно 0,01 масс.%, 0,04 масс.%, 0,05 wt %, 0,1 масс.%, 0,2 масс.%, 0,4 масс.%, например. Водный раствор высокорастворимой в воде соли (или солей) и одного или нескольких полимерных флокулянтов может быть применен, чтобы обрабатывать отходы, и может быть объединен с такими отходами при отношении отходов к раствору соли в интервале примерно 80:1 до 1:1, например, 70:1 до 1:1, 50:1 до 1:1, 30:1 до 1:1, 20:1 до 1:1, 15:1 до 1:1, 10:1 до 1:1, 5:1 до 1:1, и/или примерно 2:1 до 1:1 отходов к раствору соли. Необязательно, песок может быть объединен с отходами перед, во время или после объединения отходов с водным раствором соли и/или полимерного флокулянта.

[0060]

Поскольку высокорастворимые в воде соли и полимерные флокулянты, которые предпочтительно являются водорастворимыми, применяют в способе по данному изобретению, необходимо, чтобы температура обработанных отходов не превышала температуру окружающей среды при реализации способа. В определенных вариантах осуществления, обработка отходов в соответствии с различными вариантами осуществления здесь может быть выполнена при примерно температуре окружающей среды или не более чем примерно от 2 до примерно 5°C выше температуры окружающей среды. В других вариантах осуществления, обработка водных угольных отходов может быть выполнена при температуре не более чем примерно 50 °C, например, не более чем примерно 40°C или 30 °C.

[0061]

При осуществлении на практике аспектов данного изобретения отходы, например, отходы от процессов извлечения металлической руды и неметаллической руды, могут быть объединены посредством обработки таких отходов посредством по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью или ее водными растворами и могут необязательно включать один или оба из по меньшей мере одного полимерного флокулянта, например, водорастворимого флокулирующего полимера или его водных растворов, и/или необязательно грубые частицы, например, песок, чтобы образовывать обработанные отходы. Обработка отходов таким образом, может вызывать дестабилизацию и объединение твердотельных веществ, например, тонких и грубых

твердотельных веществ, в обработанных отходах, чтобы образовывать объединенный материал, который может агрегировать сравнительно быстро, в производственной воде.

[0062]

Обработанные отходы и/или объединенный материал могут быть дополнительно обезвожены, чтобы дополнительно отделять производственную воду от объединенного материала и, в некоторых случаях, дополнительно объединять твердотельные вещества. В некоторых вариантах осуществления объединенный материал, образованный в обработанных отходах, может быть отделен от производственной воды посредством любой одной или нескольких операций из декантирования, фильтрования, например, электрофильтрования, фильтрования в поперечном потоке, слива самотеком под действием силы тяжести, вакуумирования и других технологий испарения, и т.д. и/или посредством одной или нескольких операций из механического обезвоживания, например, применения внешнего усилия к объединенному материалу, посредством устройства для обезвоживания объединенного материала, например, посредством применения центрифуги, декантирующей центрифуги, шнекового обезвоживающего узла, гидроциклона, фильтр-пресса, прессующего устройства, и т.д., или их комбинации. В одном аспекте способов по данному изобретению, производственная вода может быть отделена от объединенного материала посредством пропускания потока обработанных отходов через фильтр с перекрестным потоком, например, пористую или перфорированную трубу, который фильтрует и обезвоживает поток обработанных отходов, чтобы отделять производственную воду от объединенного материала. Производственная вода может затем быть быстро отделена от объединенного материала. В другом аспекте способов по данному изобретению производственная вода может быть отделена от объединенного материала посредством слива самотеком под действием силы тяжести, чтобы достигнуть содержания твердотельных веществ по меньшей мере примерно 70% в пределах примерно месяца после обработки отходов, например, в пределах двух недель или в пределах примерно одной недели слива самотеком под действием силы тяжести после обработки отходов. В еще одном аспекте способов по данному изобретению объединенный материал может быть дополнительно обезвожен после отделения от обработанных отходов посредством осаждения отделенного объединенного материала в виде тонкого осажденного слоя.

[0063]

Объединенный материал, сформированный в обработанных отходах, может преимущественно иметь высокое содержание твердотельных веществ, например, содержание твердотельных веществ более чем примерно 50% и по меньшей мере примерно 60%, 65%, 70% и 75% по массе. В дополнение к этому, объединенный материал, сформированный в обработанных отходах в соответствии с определенными вариантами осуществления, может приводить к высокому содержанию твердотельных веществ после смешивания и/или обезвоживания обработанных отходов в течение короткого периода времени. В вариантах осуществления данного изобретения объединенный материал может

иметь содержание твердотельных веществ более чем примерно 50% и по меньшей мере примерно 60%, 65%, 70%, 75% и 80% по массе после смешивания и/или обезвоживания. В определенных вариантах осуществления содержание твердотельных веществ по меньшей мере примерно 70% достигают в пределах примерно одного месяца слива самотеком под действием силы тяжести после обработки отходов, например, в пределах примерно двух недель или в пределах примерно одной недели слива самотеком под действием силы тяжести после обработки отходов.

[0064]

В варианте осуществления данного изобретения способ включает смешивание отходов с высокорастворимой в воде солью, например, аммониевой солью, водорастворимого полимера, например, полиакриламида, и необязательно песка, такого как песка с соотношением мелкозернистых частиц между примерно 2,25:1 до примерно 0,75:1, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал, имеющий высокое содержание твердотельных веществ, например, содержание твердотельных веществ более чем примерно 50% по массе, например, по меньшей мере примерно 60%, 65%, 70 масс.% или выше, в течение менее чем 10 минут, в зависимости от применяемого метода обезвоживания.

[0065]

Другим преимуществом способов по данному изобретению является извлечение материалов из отходов, которые включают редкоземельные элементы. Например, некоторые отходы могут включать ценные минералы, которые включают редкоземельные элементы. Редкоземельный элемент (REE), как определено посредством ИЮПАК (Международным союзом теоретической и прикладной химии, IUPAC), является одним из группы семнадцати химических элементов Периодической таблицы элементов, более конкретно из пятнадцати лантаноидов, а также скандия и иттрия. Скандий и иттрий считают редкоземельными элементами, поскольку они склонны находиться в тех же самых рудных месторождениях, что и лантаноиды, и проявляют подобные химические свойства. Многие из редкоземельных элементов (REE) применяют в электронных устройствах, магнитах, высокофункциональных покрытиях. Такие редкоземельные элементы (REE) включают церий (Ce), диспрозий (Dy), эрбий (Er), европий (Eu), гадолиний (Gd), гольмий (Ho), лантан (La), лютеций (Lu), неодим (Nd), празеодим (Pr), прометий (Pm), самарий (Sm), скандий (Sc), тербий (Tb), тулий (Tm), иттербий (Yb) и иттрий (Y).

[0066]

Редкоземельные элементы (REE) в водных мелкозернистых частицах находятся обычно в форме иона или оксида. Например, цирконий может присутствовать в виде циркона, $ZrSiO_4$, титан может присутствовать в виде минералов ильменита, лейкоксена и рутила. Угольная зола и отходы от очистки угля содержат редкоземельные элементы. Шамотная глина угольной золы имеет необычно высокие концентрации иттрия и циркония. Отходы от нефтеносных песчаников также содержат редкоземельные элементы

(REE).

[0067]

Способы по данному изобретению применимы для извлечения редкоземельных элементов (REE). Полагают, что в некоторых отходах редкоземельные элементы (REE) абсорбированы на поверхности глин в отходах. В других отходах, редкоземельные элементы (REE) преимущественно включены в твердотельные вещества отходов, однако могут также находиться в производственной воде. Абсорбированные редкоземельные элементы (REE) могут быть замещены высокорастворимыми в воде солями по данному изобретению, например, аммониевыми солями в результате обмена ионов аммония на ионы редкоземельных элементов (REE). Редкоземельные элементы (REE) из твердотельных веществ отходов могут быть получены посредством вымывания твердотельных веществ посредством кислоты с последующим экстрагированием и осаждением или посредством каустического разложения с последующим вымыванием кислотой.

[0068]

Другой аспект способов данного изобретения включает объединение отходов, которые включают материалы с редкоземельными элементами (REE), посредством обработки отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, например, аммониевой солью, такой как сульфат аммония, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде, который включает материалы с редкоземельными элементами (REE) в производственной воде и/или среди объединенных материалов. В одном аспекте данного изобретения, обработанные отходы объединяют мелкозернистые частицы и также отделяют материалы с редкоземельными элементами (REE) от твердотельных веществ и в производственную воду. Производственная вода может затем быть отделена от объединенного материала, и материалы с редкоземельными элементами (REE) могут быть извлечены из отделенной производственной воды. Материалы с редкоземельными элементами (REE) могут быть извлечены из производственной воды посредством осаждения, например, при применении щавелевой кислоты или экстрагирования. Другие способы для извлечения редкоземельных элементов (REE) из производственной воды включают обогащение минералами и физическое обогащение, экстрагирование глубокими эвтектическими растворителями/ионными жидкостями, кислотное растворение, высокотемпературное фазовое разделение, применение селективных сорбентов для редкоземельных элементов (REE), фотофорез, инъекцию рассола на месте и экстрагирование, реакционное измельчение и т.д. В другом аспекте данного изобретения, обработанные отходы объединяют мелкозернистые частицы и редкоземельные элементы (REE), находящиеся среди объединенных материалов. Производственная вода может затем быть отделена от объединенного материала. Объединенный материал может затем быть вымыт кислотой, например, азотной кислотой, серной кислотой, и т.д., с последующим экстрагированием растворителем и/или ионообменными смолами, и осажден. В качестве альтернативы,

объединенный материал может затем быть обработан каустическим реагентом, таким как гидроксид натрия, чтобы разложить определенные материалы и образовать гидроксиды редкоземельных элементов (REE), с последующим вымыванием кислотой, например, HCl.

[0069]

В дополнение к этому, отходы, которые включают материалы с редкоземельными элементами (REE), могут быть обработаны по меньшей мере одним полимерным флокулянтном и необязательно песком, чтобы образовать обработанные отходы. Обработанные отходы могут иметь концентрацию солевых отходов по меньшей мере 0,5 масс.% по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли и предпочтительно не менее чем примерно 0,70 масс.%, такую как по меньшей мере примерно 1 масс.%, 1,25 масс.%, 1,5 масс.%, 1,75 масс.%, 2 масс.% и даже по меньшей мере примерно 2,5 масс.%, 3 масс.%, 4 масс.%, 5 масс.%, и т.д., по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли.

[0070]

Способ по данному изобретению делает возможной крупномасштабную обработку отходов в непрерывном или полунепрерывном процессе с дополнительным извлечением, рециркулированием и очисткой по меньшей мере части производственной воды в отходах и необязательно извлечением материалов с редкоземельными элементами (REE). Когда негидролизующие, высокорастворимые в воде соли применяют в способах по данному изобретению, производственная вода, отделенная от первоначально обработанных отходов, может преимущественно включать значительное количество одной или нескольких высокорастворимых в воде солей, первоначально примененных, чтобы обрабатывать отходы.

[0071]

При осуществлении на практике аспектов способов данного изобретения и различных вариантов его осуществления, отделенная производственная вода может включать по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, и способ может дополнительно включать одну или несколько следующих операций: (i) извлечение по меньшей мере части отделенной производственной воды; (ii) рециркулирование по меньшей мере части извлеченной отделенной производственной воды, чтобы обрабатывать дополнительные отходы; (iii) очистка по меньшей мере части извлеченной производственной воды. В некоторых вариантах, извлеченная отделенная производственная вода, которая включает одну или несколько высокорастворимых солей, может быть обработана, чтобы концентрировать одну или несколько высокорастворимых солей в воде. Например, система обратного осмоса, которая создает обессоленную воду и соляные отходы, может быть применена, чтобы образовывать рассол, включающий одну или несколько высокорастворимых солей, из извлеченной отделенной производственной воды от обработанных отходов.

[0072]

В других вариантах осуществления, отделенная производственная вода включает

солевые материалы с редкоземельными элементами (REE), и способ дополнительно включает извлечение по меньшей мере части отделенной производственной воды и извлечение материалов редкоземельных элементов (REE) и/или очистку по меньшей мере части извлеченной производственной воды.

[0073]

Фиг. 1А схематически иллюстрирует типичный непрерывный или полунепрерывный процесс. Как показано на фигуре, отходы обрабатывают посредством одной или нескольких высокорастворимых в воде солей, и необязательно одного или нескольких полимерных флокулянтов и необязательно грубыми частицами (песком) посредством объединения потока одной или нескольких солей (101а), которые могут являться водным раствором, с потоком отходов (103а). Необязательно, отходы могут также быть обработаны посредством одного или нескольких полимерных флокулянтов посредством объединения потока одного или нескольких полимерных флокулянтов (102а), который может являться водным раствором, с потоком отходов (103а). В качестве альтернативы, одна или несколько солей и один или несколько флокулянтов могут быть объединены вместе в качестве раствора, чтобы обрабатывать отходы в виде их потока. Грубые частицы (песок) могут также быть добавлены к отходам или их потоку и/или к любому или ко всем потокам раствора.

[0074]

Потоки раствора соли(солей) и полимера(ов) могут быть поставлены из сборных резервуаров 101 и 102, и потоки водных мелкозернистых частиц и песка могут быть поставлены из сборных резервуаров 103 и 105, соответственно. В качестве альтернативы, отходы могут быть поставлены непосредственно от процесса экстрагирования руды.

[0075]

Для этого варианта осуществления поток соли(солей) (101а) и полимера(ов) (102а) и поток отходов (103а) перемещают к смесительному узлу 107 и смешивают их комбинацию. (Поток песка (105а) может быть необязательно добавлен). Смесительный узел 107 может являться поточным смесителем, смесительным резервуаром, ленточно-винтовой мешалкой или другим смесительным узлом, который может смешивать потоки 101а, 102а, 103а и необязательно 105а. Для этого варианта осуществления, отходы объединяют посредством соли(солей), с последующим полимером (полимерами) и в качестве раствора. Тем не менее, отходы могут быть обработаны посредством водного раствора, включающего как соль (соли), так и полимер (полимеры). В некоторых вариантах осуществления объединение потоков в линии может вызывать достаточное смешивание, чтобы устранять необходимость в отдельном смесительном узле, например, поточное смешивание, и объединенные потоки могут быть перемещены непосредственным образом в пруд для отходов или узел для механического обезвоживания, чтобы отделять объединенный материал от производственной воды.

[0076]

Как показано в варианте осуществления на Фиг. 1А, после смесителя 107,

обработанные отходы, которые включают объединенный материал и производственную воду, перемещают в сепаратор твердотельное вещество/жидкость 109, чтобы отделить производственную воду от объединенного материала. Такие устройства включают, например, одно или несколько устройств для декантирования, фильтрования, электрофильтрования, фильтрования в поперечном потоке, слива самотеком под действием силы тяжести или вакуумирования или их комбинацию, и/или обработку выполняют посредством одного или нескольких устройств для обезвоживания объединенного материала, таких как центрифуга, декантирующая центрифуга, шнековый обезвоживающий узел, гидроциклон, вакуумный ленточный фильтр, фильтр-пресс или прессующие устройства или их комбинации.

[0077]

Отделенная производственная вода может быть извлечена и собрана в резервуаре или пруде (111), и отделенный объединенный материал может быть извлечен и собран или транспортирован (113). Для этого варианта осуществления, извлеченная производственная вода в резервуаре 111 включает производственную воду от водных мелкозернистых частиц, например, отходов, разбавленную потоком 101a и соответственно включающую остаточную соль(соли) из одной или нескольких высокорастворимых в воде солей, и она может включать остаточный(е) полимер(ы) от одного или нескольких полимерных флокулянтов, а также компоненты от отходов. Если отходы включают материалы с редкоземельными элементами (REE), извлеченный поток производственной воды (111) и/или объединенный материал (113) могут также включать материалы с редкоземельными элементами (REE). Могут также присутствовать высокорастворимые в воде соли, которые являются компонентами первоначальных обработанных отходов, и они становятся частью извлеченной производственной воды (111). Извлеченная производственная вода в резервуаре (111) может быть перемещена к системе (115) для очистки воды, чтобы очищать по меньшей мере часть извлеченной производственной воды 117, которая может быть рециркулирована в процесс горнорудного производства. Системы для очистки воды, которые могут быть применены для вариантов осуществления способов по данному изобретению, включают системы обратного осмоса, системы вакуумной дистилляции, электродиализ, фильтрационные системы и т.д. Остающаяся неочищенная извлеченная производственная вода или рассол, который включает высокорастворимую в воде соли от потока 101a и потенциально высокорастворимую в воде соль или соли, которые являются компонентами первоначальных отходов, (119), могут быть рециркулированы назад в процесс обработки. Для этого варианта осуществления, по меньшей мере часть неочищенной извлеченной производственной воды может быть рециркулирована назад к сборному резервуару 101 и недостаток в концентрации соли(солей) или полимера(ов) может быть скорректирован посредством добавления дополнительной одной или нескольких высокорастворимых в воде солей или полимерного(ых) флокулянта(ов) из одного или нескольких подпиточных резервуаров, таких как подпиточные контейнеры 121 и 122.

[0078]

Способ по данному изобретению может также включать извлечение материалов с редкоземельными элементами (REE) из рециркулированной отделенной производственной воды или из объединенных твердотельных веществ. Материалы с редкоземельными элементами (REE) могут быть извлечены из производственной воды посредством осаждения, например, при применении щавелевой кислоты или экстрагирования. Другие способы для извлечения редкоземельных элементов (REE) из производственной воды включают обогащение минералами и физическое обогащение, экстрагирование глубокими эвтектическими растворителями/ионными жидкостями, кислотное растворение, высокотемпературное фазовое разделение, применение селективных сорбентов для редкоземельных элементов (REE), фотофорез, инъекцию рассола на месте и экстрагирование, реакционное измельчение и т.д. Способ по данному изобретению может также включать извлечение материалов с редкоземельными элементами (REE) из объединенных твердотельных веществ посредством кислотного выщелачивания или каустического разложения.

[0079]

В дополнение к этому, объединенные твердотельные вещества могут быть извлечены. Извлеченные объединенные твердотельные вещества могут включать остаток одной или нескольких высокорастворимых в воде солей от обработки отходов. Когда соль, примененная при обработке отходов, является полезной для флоры, такая как аммониевая соль или сульфатная соль или фосфатная соль, остаточная соль может действовать в качестве удобрения вместе объединенными твердотельными веществами. Извлеченные объединенные твердотельные вещества могут включать материалы с редкоземельными элементами (REE), которые могут быть отделены от объединенных твердотельных веществ, как описано в другом месте данного документа.

[0080]

Фиг. 1В схематически иллюстрирует другой типичный непрерывный или полунепрерывный процесс. Для этого варианта осуществления, проиллюстрирована обработка отходов от металлической руды, такие как отходы от медной руды. Как показано на фигуре, флотационные ячейки или концентратор (201) образуют отходы 203. Многие процессы для металлической и даже неметаллической руды включают стадию концентрирования, на которой ценные минералы концентрируют посредством флотации в водной смеси, включающей различные агенты. Ценные минералы отделяют и образуют поток отходов. В этом конкретном примере, отходы могут быть загущенным продуктом в нижнем течении потока отходов. Такой загущенный продукт в нижнем течении потоков может все еще получить выгоду от обработки высокорастворимой в воде солью и необязательно дополнительным полимерным флокулянт, чтобы дополнительно объединить твердотельные вещества в соответствии со способами данного изобретения. В соответствии с аспектами способов по данному изобретению, поток отходов обрабатывают потоком водного раствора, включающего по меньшей мере одну

высокорастворимую в воде соль. Для этого варианта осуществления, водный раствор также включает по меньшей мере один полимерный флокулянт. Как показано на Фиг. 1В, поток отходов 203 объединяют с потоком водного раствора, включающего по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль и по меньшей мере один полимерный флокулянт (202а), чтобы производить обработанный поток отходов 207. Для этого варианта осуществления, поток водного раствора 202а и отходы 203 смешивают в линии, чтобы производить обработанные отходы 207. Объединение потоков (202а и 203) производит обработанные отходы, которые включают объединенный материал в производственной воде.

[0081]

Хотя это не показано, отходы могут быть обработаны отдельными потоками соли(ей) и флокулянта(ов). Водные потоки соли(ей) и полимерного(ых) флокулянта(ов) могут быть поставлены из резервуара 202 для хранения. В определенных вариантах осуществления, морскую воду применяют в качестве источника высокорастворимой в воде соли в качестве пополняющего источника соли в 220. В других вариантах осуществления, рассол от системы обратного осмоса применяют в качестве источника высокорастворимой в воде соли в качестве пополняющего источника соли в 220, и в еще одних вариантах осуществления, как морскую воду, так и рассол, применяют в качестве источника высокорастворимой в воде соли в качестве пополняющего источника соли в 220.

[0082]

Для этого варианта осуществления, обработанные отходы перемещают к сепаратору (209) твердотельные вещества/жидкость (S/L). Данный S/L сепаратор отделяет производственную воду обработанных отходов от объединенного материала. Такие S/L сепараторы включают, например, один или несколько узлов из центрифуги, декантирующей центрифуги, шнекового обезвоживающего узла, гидроциклона, вакуумного ленточного фильтра, фильтр-пресса или прессующих устройств и т.д. или их комбинаций. S/L сепаратор 209 создает поток объединенного материала 213 и поток отделенной производственной воды 211. Поток 211 производственной воды включает производственную воду от потока отходов 203, разбавленного потоком 202а водного раствора, и соответственно включает одну или несколько остаточных солей от одной или нескольких высокорастворимых в воде солей и может потенциально включать один или несколько остаточных полимеров от одного или нескольких полимерных флокулянтов. По меньшей мере часть потока 211, если не весь поток, производственной воды может быть извлечена и очищена посредством системы обратного осмоса 215.

[0083]

Система обратного осмоса 215 может концентрировать по меньшей мере одну высокорастворимую соль в извлеченной части отделенной производственной воды 211, чтобы образовывать рассол 219. По меньшей мере часть рассола 219, если не весь рассол, может быть возвращена обратно в резервуар 202 для хранения соли/полимерного

флокулянта, чтобы обрабатывать дополнительные отходы 203. Система обратного осмоса 215 может концентрировать по меньшей мере одну высокорастворимую соль до концентрации более чем 2 масс.%, такой как более чем 4 масс.%, 5 масс.%, 6 масс.%, 7 масс.%, 8 масс.%, 9 масс.%, 10 масс.% и более, так, чтобы концентрация соли-композиции в резервуаре для хранения соли/полимерного флокулянта могла находиться при балансе от примерно 2 масс.% до примерно 10 масс.%, и величинах между ними, или выше. Поток водного раствора, включающий по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль и по меньшей мере один полимерный флокулянт (202a), может быть объединен с потоком отходов 203 при интервале отношения отходов к раствору соли, включающем примерно от 30:1 до 1:1, от 20:1 до 1:1, от 15:1 до 1:1, от 10:1 до 1:1, от 5:1 до 1:1 и/или примерно от 2:1 до 1:1 отходов к раствору соли.

[0084]

Система обратного осмоса 215 может также быть применена, чтобы образовывать обессоленную воду 240 из морской воды 250, при этом обессоленную воду 240 применяют в других процессах добычи полезных ископаемых. Соляные отходы из системы 215 могут быть применены в качестве источника высокорастворимой соли, чтобы обрабатывать отходы, улучшая тем самым эффективность общего процесса и уменьшая вредное воздействие на окружающую среду рассола, выпускаемого в окружающую среду. Кроме того, морская вода может быть применена в качестве источника высокорастворимой в воде соли, чтобы обрабатывать отходы, например, предоставлением морской воды в пополняющий источник 250.

ПРИМЕРЫ

[0085]

Приведенные ниже примеры предназначены для дополнительного иллюстрирования определенных предпочтительных вариантов осуществления данного изобретения и не являются ограничивающими по своей сути. Специалисты в данной области техники смогут также установить или будут в состоянии определить, при применении обычного экспериментирования, многочисленные эквиваленты конкретных веществ и процедур, описанных в данном документе.

[0086]

Объединение суспензии угольной золы

[0087]

Первоначальный образец суспензии угольной золы анализировали посредством инфракрасной спектроскопии, чтобы определить содержание твердотельных веществ. Кроме того, образец оценивали как имеющий 30% или более мелкозернистых частиц угля, присутствующих, например, в смеси тонких частиц угля и тонких минеральных частиц. Приблизительно 5 г угольной суспензии помещали во флакон и добавляли равную массу водного ионного раствора, и разбавленную суспензию встряхивали, чтобы смешать компоненты. Водный ионный раствор содержал воду, 10 масс.% сульфата аммония и 0,1 масс.% полиакриламида (ПАМ). Осаждение начиналось сразу же, как можно видеть на

фотографии слева на Фиг. 2. Флакон затем центрифугировали в течение 30 секунд при 3000 об/мин и частицы объединяли в компактную массу, как показано на фотографии в центре Фиг. 2. Надосадочная жидкость выглядела как являющаяся прозрачной, без видимых суспендированных частиц. После удаления жидкости было найдено, что уплотненные твердотельные вещества имеют достаточную прочность сцепления, чтобы поддерживать их форму, когда флакон переворачивали, как можно видеть на фотографии справа на Фиг. 2.

[0088]

Материал удаляли из флакона (Фиг. 3, слева) и часть сушили. Объединенный материал имел первоначальное содержание твердотельных веществ 54%. Часть остатка прессовали (вручную) между бумажными полотенцами (Фиг. 3, справа). Этот прессованный материал имел содержание твердотельных веществ 74%.

[0089]

Изменение соли и концентрации соли при обработке отходов от нефтеносных песчаников

[0090]

Дополнительные эксперименты выполняли с различными высокорастворимыми в воде солями и при различных концентрациях и с песком и без него, чтобы обработать отходы от нефтеносных песчаников. Приготавливали ряд растворов соль/полимер. Все растворы соль/полимер включали 0,1 масс.% полиакриламида ((РАМ), однако различались по виду и концентрации соли. Например, ряд растворов хлорида кальция 10 масс.%, 5 масс.% и 2 масс.%, каждый с 0,1 масс.% полиакриламида (РАМ) приготавливали и применяли для обработки выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ). Другие растворы сульфата аммония, хлорида калия и т.д. с 10 масс.%, 5 масс.% и 2 масс.% соли приготавливали, каждый с 0,1 масс.% полиакриламида (РАМ). Равную массу конкретного раствора соль/полимер затем объединяли с выдержанными мелкозернистыми отходами (МФТ), с песком или без него, во флаконе с последующим энергичным перемешиванием. Флаконы затем центрифугировали при 3000 об/мин на лабораторной центрифуге LW Scientific в течение 30 секунд, чтобы образовать объединенный материал в форме суспензии. После центрифугирования надосадочную жидкость отделяли от объединенного материала посредством пипетки. Объединенный материал затем взвешивали, сушили и повторно взвешивали, чтобы определить содержание твердотельных веществ объединенного материала. Различные соли и их концентрации, которые были применены для обработки выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ) и данные о результирующем содержании твердотельных веществ представлены в обобщенном виде в Таблицах 1 и 2 ниже.

Таблица 1: Содержание твердотельных веществ выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ), обработанных равной массой раствора соль/полиакриламид (РАМ) без добавления песка и после центрифугирования.

Соль (+ 0,1 масс.%)	10%	5% Концентрация ²	2% Концентрация ³
---------------------	-----	------------------------------	------------------------------

полиакриламида (PAM) Без песка	Концентрация ¹		
Хлорное железо (FeCl ₃)	34,9%	--	35,6%
Сульфат алюминия (Al ₂ (SO ₄) ₃)	33,1%	--	34,1%
Хлорид кальция (CaCl ₂)	36,8%	37,1%	35,8%
Сульфат аммония (NH ₄ SO ₄)	33,1%	31,8%	31,4%
Хлорид калия (KCl)	35,4%	32,4%	33,5%

Таблица 2: Содержание твердотельных веществ выдержанных мелкозернистых отходов (MFT), обработанных равной массой раствора соль/полиакриламид (PAM) с добавлением песка (SFR отношение 1:1) после центрифугирования.

Соль (+ 0,1 масс.% полиакриламида (PAM)) С песком	10% Концентрация ¹	5% Концентрация ²	2% Концентрация ³
Хлорное железо (FeCl ₃)	45,7%	--	52,8%
Сульфат алюминия (Al ₂ (SO ₄) ₃)	51,4%	--	53,7%
Хлорид кальция (CaCl ₂)	58%	56,8%	56,1%
Сульфат аммония (NH ₄ SO ₄)	53,6%	52,3%	53,5%
Хлорид калия (KCl)	53,4%	52,5%	53,9%

1. Концентрация смеси соль-отходы составляла примерно 5 масс. %.
2. Концентрация смеси соль-отходы составляла примерно 2,5 масс. %.
3. Концентрация смеси соль-отходы составляла примерно 1 масс. %.

[0091]

Таблица 1 представляет содержание твердотельных веществ высушенного объединенного материала после обработки выдержанных мелкозернистых отходов (MFT) различными растворами соль/полимер без песка. После центрифугирования в течение только 30 секунд, высокорастворимая в воде соли предоставляла содержание

твердотельных веществ для объединенных материалов в интервале примерно 31%-37%. Однако применение высокорастворимой в воде соли, имеющей многовалентный катион, такой как катионы алюминия и железа, проявляло вызывание загрязнения стенок флакона и предоставляло менее связанный объединенный материал по сравнению с высокорастворимой в воде солью, имеющей одновалентный катион, при условиях проведения испытаний. В некоторых испытаниях с применением концентраций соли 10%, осветленную воду, расположенную поверх объединенных материалов, удаляли при применении пипетки и влажные твердотельные вещества прессовали между бумажными полотенцами. Было найдено, что соли с многовалентными катионами, хлорид алюминия (AlCl_3), хлорное железо (FeCl_3) и хлорид кальция (CaCl_2), которые все предоставляли значительные отложения слизистого материала на стенках флакона, которые были менее связанными, чем прессованные твердотельные вещества, полученные при применении солей с одновалентными катионами, такими как аммониевые соли NH_4Cl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

[0092]

Таблица 2 представляет содержание твердотельных веществ высушенного объединенного материала после обработки выдержанных мелкозернистых отходов (MFT) различными растворами соль/полимер и песком. Песок добавляли при отношении песка к мелкозернистым частицам 1:1 (например, 1,5 г песка добавляли к 5 г выдержанных мелкозернистых отходов (MFT), имеющих 30% твердотельных веществ, чтобы получить отношение 1:1 массы песка к массе твердотельных веществ в выдержанных мелкозернистых отходах (MFT)). После центрифугирования в течение только 30 секунд, высокорастворимая в воде соли предоставляла содержание твердотельных веществ для объединенных материалов в интервале примерно 46%-58%, который был значительно выше, чем интервал содержания твердотельных веществ без применения песка. Хотя содержание твердотельных веществ во флаконах, содержащих добавленный песок, в два раза больше, чем без песка, объем центрифугированной суспензии является примерно таким же.

[0093]

Данные в Таблицах 1 и 2 показывают, что добавление 2 масс.-%-ного раствора соли, чтобы обработать выдержанные мелкозернистые отходы, являлось более эффективным, чем 10 масс.-%-ный раствор соли. А именно, концентрация смеси соль-отходы 1 масс.-% была такой же эффективной, что и концентрация смеси соль-отходы 5 масс.-%. Поскольку равные массы раствора соль/полимер применяли, чтобы обрабатывать выдержанные мелкозернистые отходы (MFT), солевая концентрация добавленной соли в обработанных отходах составляет половину от концентрации в растворе соль/полимер, например, добавленный 2 масс.-%-ный раствор соли предоставляет концентрацию соль-отходы 1 масс.-%, и 10 масс.-%-ный раствор соли предоставляет концентрацию соль-отходы 5 масс.-%. Концентрация смеси соль-отходы в обработанных выдержанных мелкозернистых отходах (MFT) может быть достигнута различными способами. Для удобства в обращении в вышеуказанных испытаниях с применением флаконов, являлось удобным объединение

равных масс растворов соль/полимер с выдержанными мелкозернистыми отходами (MFT). Однако меньшие количества растворов соль/полимер с более высокими их концентрациями, чтобы предоставлять такую же концентрацию соль-отходы, предоставляют эквивалентные результаты объединенных материалов.

[0094]

Центрифугирование в плоскодонных флаконах не является таким эффективным в отношении получения материала с высоким содержанием твердотельных веществ как применение центрифужных пробирок. Следует иметь в виду, что при испытаниях всех групп лабораторных флаконов и пробирок, всегда имеется раствор, остающийся в порах между частицами. Далее будет показано, что содержание твердотельных веществ объединенного материала может легко быть увеличено от интервала 46%-58% посредством простого стекания или применения методов механического обезвоживания, известных в данной области техники, таких фильтр-пресса, ленточные фильтры, фильтрование в поперечном потоке, шнековые узлы для обезвоживания песка, декантирующие центрифуги, гидроциклоны и т.д.

[0095]

Изменение концентрации соли и концентрации полимера при обработке отходов от нефтеносных песчаников

[0096]

Когда соль, полимер и песок применяют совместно, концентрация смеси соль-отходы более чем 0,5 масс.% и предпочтительно не менее, чем примерно 0,70 масс.%, такая как по меньшей мере примерно 1 масс.%, должна быть применена, чтобы достигать довольно быстрого объединения твердотельных веществ в отходах. В дополнение к этому, хотя степень объединения смеси мелкозернистые частицы/песок получают при концентрациях смеси полимер-отходы таких низких как 0,01 масс.% в течение сравнительно коротких времен обработки, лучшие результаты получают при концентрациях полимер-отходы 0,05% и выше. Эти преимущества были определены посредством ряда экспериментов с флаконами. Верхний ряд флаконов на Фиг. 4 показывает результаты, полученные посредством добавления 5 г 2 масс.%-ного раствора сульфата аммония ((NH₄)₂SO₄), содержащего их полиакриламид (ПАМ) к 5 г выдержанных мелкозернистых отходов (MFT). Песок также добавляли, чтобы получить отношение 1:1 песка к мелкозернистым частицам (например, добавляли 1,5 г песка). Количество полиакриламида (ПАМ) в растворах изменяли между 0,1% (по массе) и 0,02% (по массе). Нижний ряд флаконов показывает, что наблюдается, когда был применен 1 масс.%-ный раствор сульфат аммония. Флаконы центрифугировали при 3000 об/мин в течение 30 секунд, чтобы ускорить осаждение.

[0097]

Можно видеть, что для всех флаконов, обработанных 1 масс.%-ными растворами (NH₄)₂SO₄, имеет место некоторая степень осаждения мелкозернистых частиц и песка, однако надосадочная жидкость содержит значительное количество суспендированных

частиц. В дополнение к этому, визуально здесь проявляется некоторая степень сегрегации песка и мелкозернистых частиц. В противоположность этому, выдержанные мелкозернистые отходы (МФТ), обработанные 2 масс.%-ным раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, содержащим 0,1 масс.% полиакриламида (РАМ), показали осажденные и уплотненные твердотельные вещества в контакте с прозрачной надосадочной жидкостью. Когда количество полимера в растворе уменьшают от флакона А4 до Е4, прозрачность надосадочной жидкости уменьшается, поскольку больше суспендированных частиц остается в жидкой фазе. Более высокая прозрачность надосадочной жидкости должна быть достижима при более продолжительных временах центрифугирования, однако для коротких времен обработки, обработка выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ), чтобы приводить к концентрации смеси соль-отходы не менее чем примерно 0,5 масс.%, и концентрация смеси полимер-отходы не менее чем примерно 0,04 масс.%, является предпочтительной.

[0098]

Содержание твердотельных веществ объединенных материалов в каждом из флаконов, показанных на Фиг. 4, было определено посредством сушки, т.е. центрифугированный объединенный материал был отделен от его надосадочной жидкости, влажную массу взвешивали, сушили и повторно взвешивали, чтобы определить содержание твердотельных веществ. Содержание твердотельных веществ объединенных материалов для групп флаконов представлено в обобщенном виде в Таблице 3.

Таблица 3: Содержание твердотельных веществ центрифугированных выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ), обработанных сульфатом аммония/полиакриламидом (РАМ), как определено посредством отделения и сушки объединенного материала.

	0,1% РАМ % Твердотельных веществ	0,08% РАМ % Твердотельных веществ	0,06% РАМ % Твердотельных веществ	0,04% РАМ % Твердотельных веществ	0,02% РАМ % Твердотельных веществ
2% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	60,3%	58,8%	58,1%	52,0%	48,5%
1% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	54,4%	57,2%	58,1%	56,3%	44,6%

[0099]

Можно видеть, что для 2 масс.%-ного раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, содержащего 0,1 масс.% полиакриламида (РАМ), содержание твердотельных веществ было достигнуто несколько выше 60%. Оно было уменьшено лишь незначительно при обработке выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ) растворами, включающими концентрации полиакриламида (РАМ) 0,08 масс.% и 0,06 масс.%, однако значительно при более низких

концентрациях полиакриламида (РАМ) в растворах. Обработка выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ) равной массой растворов $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /полимер приводило к концентрации смеси соль-отходы примерно 1 масс.% для каждого из флаконов А4-Е4, и для флакона А4 к концентрации в смеси полимер-отходы примерно 0,05 масс.% полиакриламида (РАМ), для флакона В4 к концентрации в смеси полимер-отходы примерно 0,04 масс.% полиакриламида (РАМ), для флакона С4 к концентрации в смеси полимер-отходы примерно 0,03 масс.% полиакриламида (РАМ), для флакона D4 к концентрации в смеси полимер-отходы примерно 0,02 масс.% полиакриламида (РАМ), и для флакона Е4 к концентрации в смеси полимер-отходы примерно 0,01% полиакриламида (РАМ). Для 1 масс.%-ных растворов $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, содержание твердотельных веществ было очень изменчивым, отражая проблемы с сегрегацией грубых и мелкозернистых частиц в объединенных материалах в этих экспериментах.

[0100]

Увеличенная концентрация соли, создающая возможность для низкой концентрации полимера

[0101]

Когда соль, полимер и песок применяют совместно, чтобы обрабатывать отходы, наблюдалось, что концентрация смеси полимер-отходы может быть уменьшена, если концентрация смеси соль-отходы увеличена при определенных обстоятельствах. Соответственно, очень низкая концентрация смеси полимер-отходы может выполнять довольно быстрое объединение твердотельных веществ в отходах, если концентрация смеси соль-отходы увеличена. Фиг. 5 иллюстрирует, что, когда концентрация соли увеличивается, меньше полимерного флокулянта требуется, чтобы получать прозрачные надосадочные растворы. Для этих испытаний, концентрация смеси полимер-отходы увеличивается от 0,01% до 0,05% при возрастании на 0,01% справа налево, наряду с тем концентрация в смеси соль-отходы увеличивается от 1% до 2% от верхней части до нижней части.

[0102]

Изменение концентрации полимера при обработке отходов от нефтеносных песчаников морской водой

[0103]

Для этих экспериментов, растворы морской воды (происходящей от восточного берега Атлантического океана в США) приготавливали при различных концентрациях неионного полиакриламида (доступного от SNF в качестве FA920) между 0,1% (по массе) и 0,02% (по массе). Концентрация высокорастворимых солей в морской воде считалась выше, чем 3 масс.%. Растворы морская вода-полимер применяли, чтобы обрабатывать выдержанные мелкозернистые отходы (МФТ) от обработки нефтеносных песчаников. Равное количество раствора морская вода-полимер применяли, чтобы обрабатывать выдержанные мелкозернистые отходы (МФТ) (примерно 5 г раствора морская вода-полимер к примерно 5 г выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ)) во флаконе.

Обработанные смеси первоначально перемешивали и затем флаконы центрифугировали при 3000 об/мин в течение 30 секунд, чтобы ускорить осаждение. Результаты представлены на фотографии на Фиг. 6. Слева направо, морская вода, примененная, чтобы обрабатывать выдержанные мелкозернистые отходы (МФТ), включала примерно 0,1 масс.%, 0,08 масс.%, 0,06 масс.%, 0,04 масс.% и 0,02 масс.% полимерного флокулянта, соответственно. Эти эксперименты показывают, что смесь высокорастворимых солей, происходящих от океана, может быть применена в способе по данному изобретению.

[0104]

Обработка отходов от обработки медной руды

[0105]

Образец отходов, образованных от обработки медной руды, был объединен с примерно равным количеством водного ионного раствора в лабораторном стакане на 500 мл. Водный ионный раствор содержал воду, высокорастворимую в воде соль и флокулянт (полиакриламид (РАМ)). При объединении и небольшом перемешивании отходов с водным ионным раствором, твердотельные вещества начинали объединяться практически немедленно. После выдерживания в течение всего лишь несколько минут, твердотельные вещества агрегированы и осаждены на дно со слоем очищенной воды выше объединенных твердотельных веществ. См. Фиг. 7А. Объединенные твердотельные вещества также были связанными. Объединенный материал, извлеченный из лабораторного стакана, легко сжимали вручную, чтобы образовать шарик (см. Фиг. 7В). Стадия испытания, на которой вручную сжатый шарик, показанный на Фиг. 7В, размещали между бумажными полотенцами и сдавливали посредством приспособления для испытаний, показала, что объединенный материал не загрязняет бумажные полотенца (См. Фиг. 7С). Такое испытание является показателем того, как легко объединенный материал может быть отфильтрован и механически обезвожен, в котором низкое загрязнение указывает на высокую способность к фильтруемости и механическому обезвоживанию. Измеренное содержание твердотельных веществ в прессованных отходах составляло примерно 75%.

[0106]

Лишь предпочтительный вариант осуществления данного изобретения и примеры его эксплуатационной гибкости показаны и описаны в данном изобретении. Следует понимать, что данное изобретение допускает применение в различных других комбинациях и окружающих средах и допускает изменения или модификации в пределах объема идеи данного изобретения, как представлено в данном документе. Соответственно, например, специалисты в данной области техники смогут также установить или будут в состоянии определить, при применении обычного экспериментирования, многочисленные эквиваленты конкретных веществ, процедур и устройств, описанных в данном документе. Такие эквиваленты рассматриваются как находящиеся в пределах объема данного изобретения и охваченные приведенной ниже формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ уплотнения отходов, включающий:
обработку отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовать обработанные отходы, включающие объединенный материал в производственной воде; и
отделение производственной воды от объединенного материала,
причем обработанные отходы имеют концентрацию солевых отходов в отношении по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли по меньшей мере 0,5 масс.%.
2. Способ по п. 1, в котором по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль является негидролизуемой солью.
3. Способ по любому одному из п.п. 1-2, в котором по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль является аммониевой солью.
4. Способ по п. 1, в котором обработка отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью включает обработку отходов морской водой.
5. Способ по п. 1, в котором обработанные отходы имеют концентрацию солевых отходов в отношении по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли по меньшей мере 1 масс.%.
6. Способ по п. 1, дополнительно включающий обработку отходов по меньшей мере одним полимерным флокулянтom одновременно или последовательно с обработкой отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовывать обработанные отходы.
7. Способ по п. 6, в котором по меньшей мере один полимерный флокулянт является полиакриламидом или его сополимером.
8. Способ по любому из п.п. 6 или 7, в котором обработанные отходы имеют концентрацию полимерных отходов в отношении по меньшей мере одного полимерного флокулянта вплоть до примерно 0.05 масс.%.
9. Способ по п. 1, в котором обработка отходов включает объединение потока отходов с потоком водного раствора, включающего по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, чтобы образовать обработанный поток отходов.
10. Способ по п. 6, в котором обработка композиции включает объединение потока композиции с раствором, включающим по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль и по меньшей мере один полимерный флокулянт, чтобы производить обработанный поток отходов.
11. Способ по п. 6, в котором обработка отходов включает объединение потока отходов с потоком водного раствора, включающим по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, и потоком водного раствора, включающим по меньшей мере один полимерный флокулянт, чтобы производить обработанный поток отходов.
12. Способ по любому из п.п. 9-11, в котором поток водного раствора, включающий по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, содержит морскую воду.

13. Способ по любому из п.п. 9-11, в котором потоки смешивают в линии и необязательно посредством поточного смесителя, чтобы производить обработанный поток отходов.

14. Способ по п. 1, в котором отделение производственной воды от объединенного материала включает механическое обезвоживание объединенного материала.

15. Способ по п. 1, в котором объединенный материал имеет содержание твердотельных веществ по меньшей мере 45% по массе.

16. Способ по п. 1, дополнительно включающий отделение по меньшей мере части отделенной производственной воды от потока обработанных отходов и концентрирование по меньшей мере одной высокорастворимой соли в извлеченной части отделенной производственной воды, чтобы образовать рассол.

17. Способ по п. 16, дополнительно включающий рециркулирование по меньшей мере части рассола, чтобы обрабатывать дополнительные отходы.

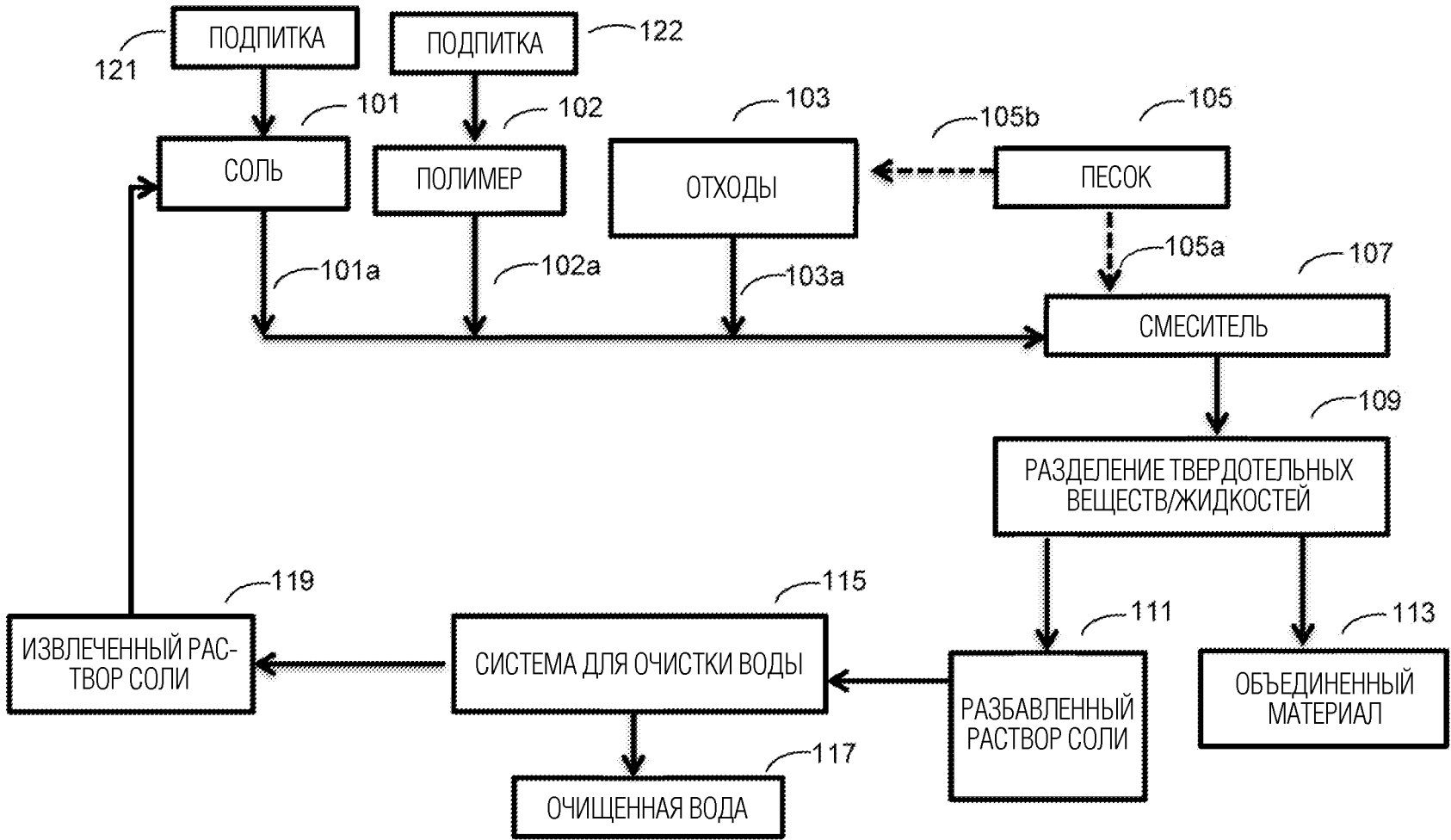
18. Способ по п. 1, дополнительно включающий очистку по меньшей мере части отделенной производственной воды.

19. Способ по п. 1, в котором отходы являются отходами от обработки металлической руды.

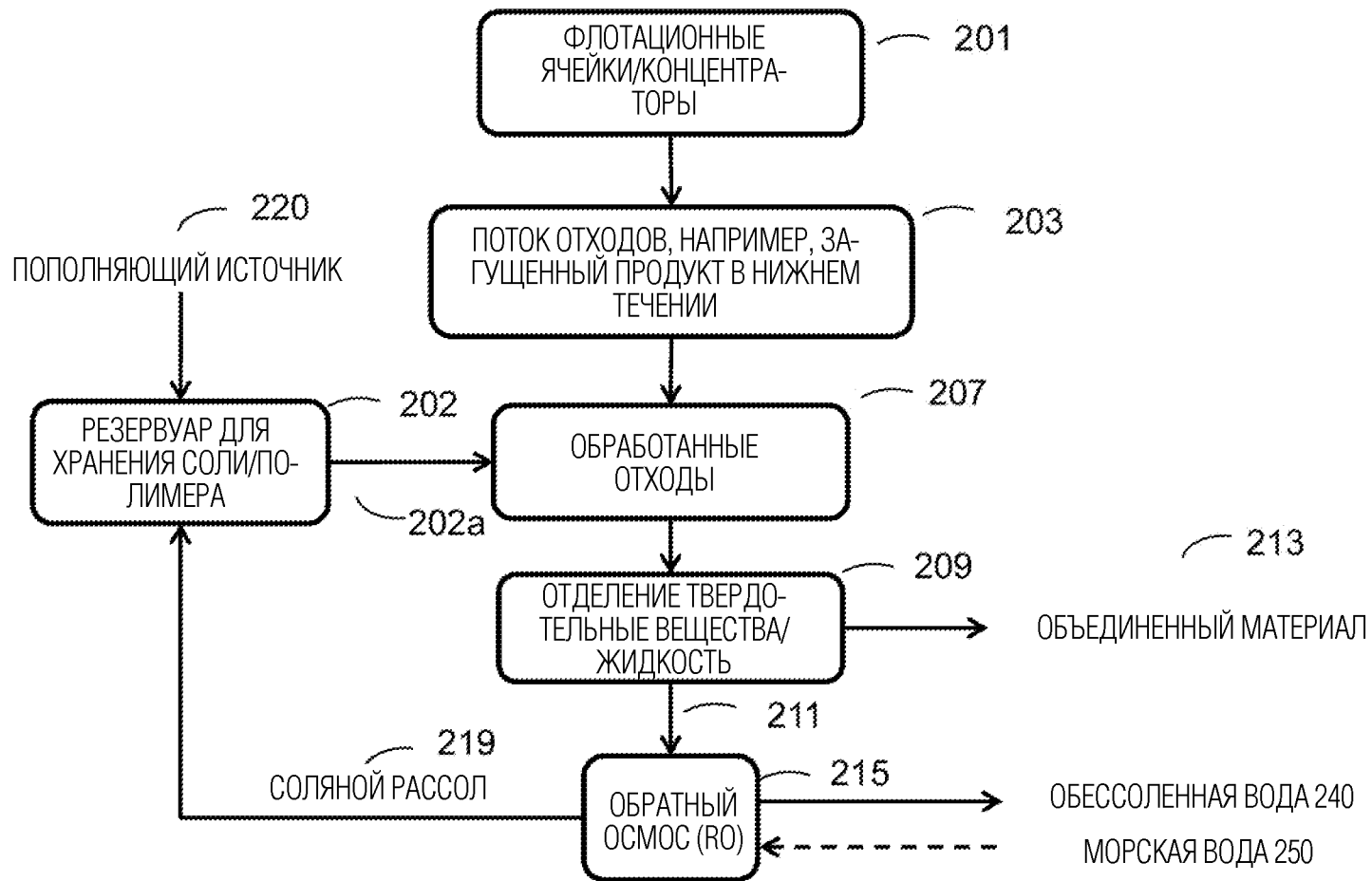
20. Способ по п. 19, в котором отходы от обработки металлической руды являются загустителями в отходах в нижнем потоке.

21. Способ по п. 1, в котором отходы включают редкоземельный элемент (REE) и обработка отходов по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью образует обработанные отходы, включающие REE в производственной воды и/или в объединенных материалах; и дополнительно включающий извлечение из отделенной производственной воды и/или объединенных материалов.

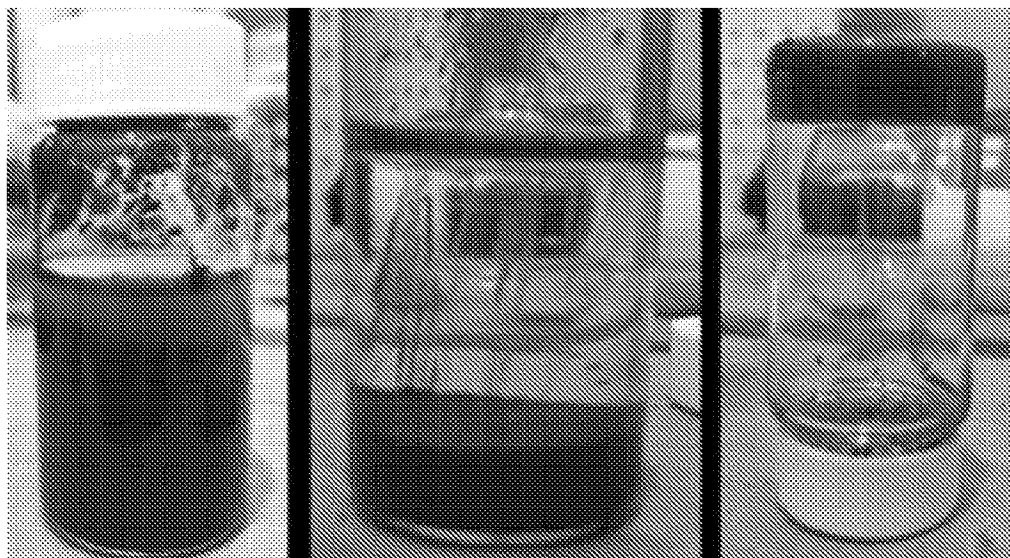
По доверенности



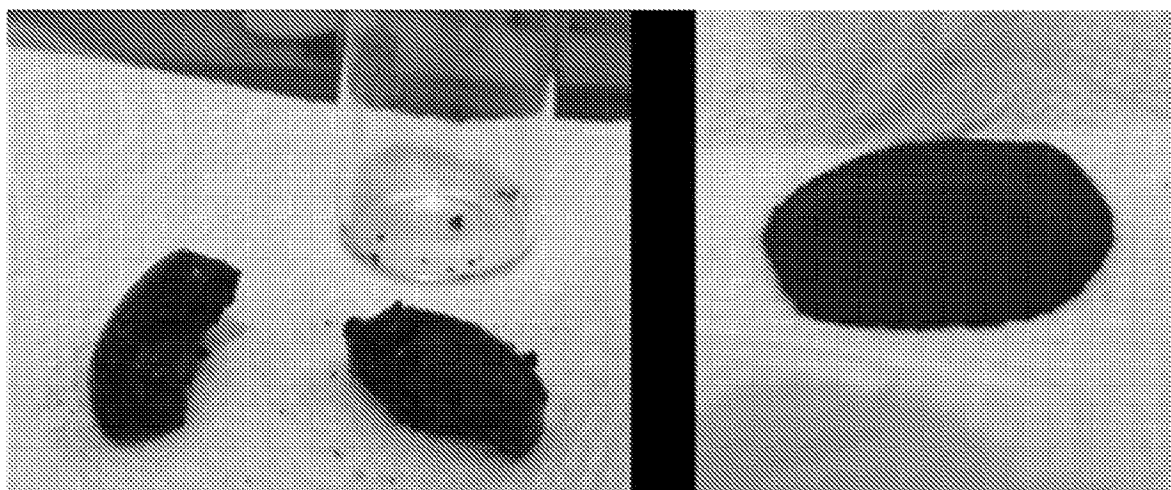
ФИГ. 1А



ФИГ. 1В



ФИГ. 2



ФИГ. 3

A4

B4

C4

D4

E4

0.1% PAM

0.08% PAM

0.06% PAM

0.04% PAM

0.02% PAM

2% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



1% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

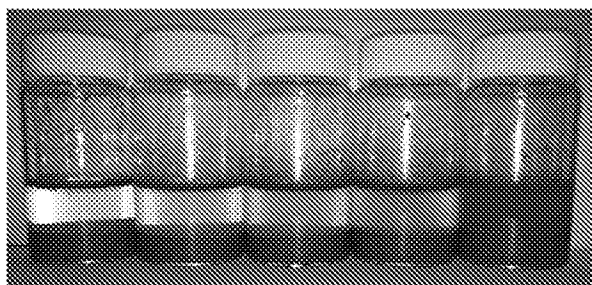


ФИГ. 4

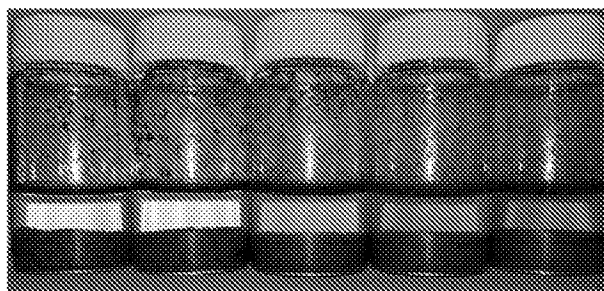
УВЕЛИЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЛИАКРИ-
ЛАМИДА (РАМ)



1% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



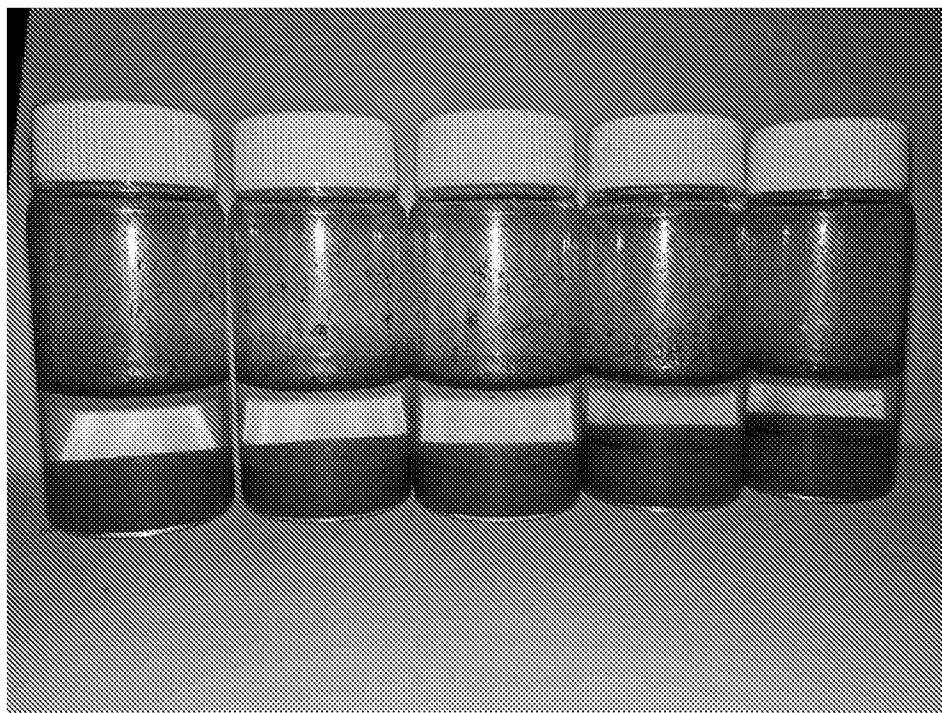
1.5% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



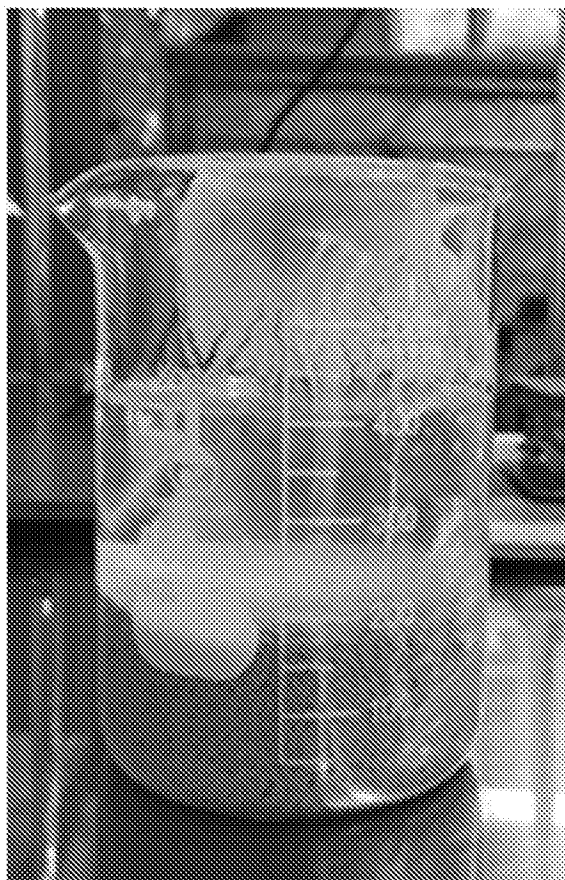
2% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



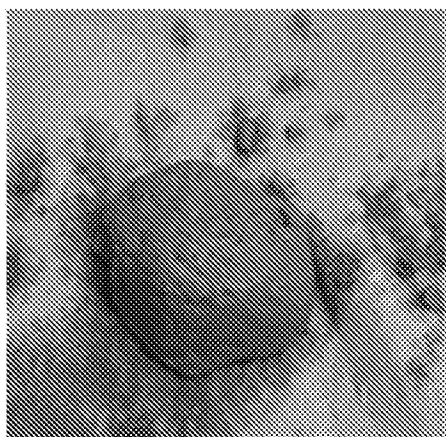
ФИГ. 5



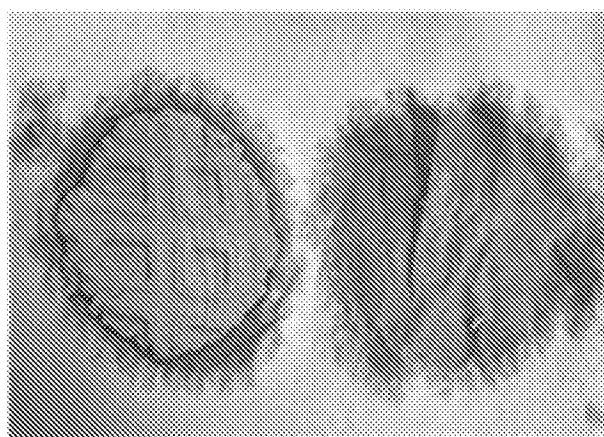
ФИГ. 6



ФИГ. 7А



ФИГ. 7В



ФИГ. 7С