

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201991820 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.01.14

(51) Int. Cl. E21F 15/00 (2006.01)
G06F 17/50 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.01.26

(54) ОБРАБОТКА ВОДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ВКЛЮЧАЮЩИХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ ЧАСТИЦЫ

(31) 62/452,784; 62/535,398; 62/554,220;
62/583,360

(32) 2017.01.31; 2017.07.21; 2017.09.05;
2017.11.08

(33) US

(86) PCT/US2018/015423

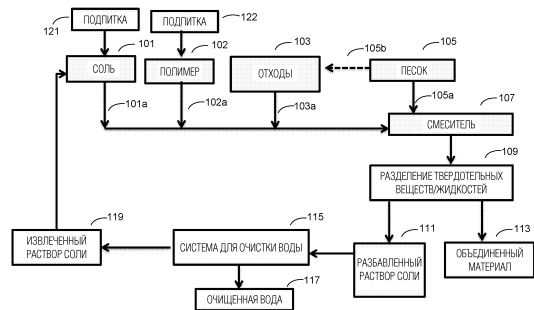
(87) WO 2018/144336 2018.08.09

(71) Заявитель:
ЭКСТРАКТ ПРОУСЕСС СОЛЮШНЗ,
ЭлЭлСи (US)

(72) Изобретатель:
Пэйнтер Пол К., Миллер Брюс Дж.,
Лупински Эрон (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Раскрыты способы объединения водных композиций, включающих мелкозернистые частицы и производственную воду. Способы включают смешивание композиции с высокорастворимой в воде солью или ее водным раствором, дестабилизирование и объединение твердотельных веществ в композициях, например, чтобы дестабилизировать и объединять мелкозернистые частицы, и отделение объединенных твердотельных веществ от производственной воды. Водорастворимый полимер и грубые частицы, например песок, могут также быть применены при обработке композиций.



201991820 A1

201991820 A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-557972EA/032

ОБРАБОТКА ВОДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ВКЛЮЧАЮЩИХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ ЧАСТИЦЫ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Эта заявка притязает на приоритет по предварительной заявке на патент США № 62/452784, зарегистрированной 31 января 2017 г.; предварительной заявке на патент США № 62/535398, зарегистрированной 21 июля 2017 г.; предварительной заявке на патент США № 62/554220, зарегистрированной 5 сентября 2017 г.; и предварительной заявке на патент США № 62/583360, зарегистрированной 8 ноября 2017 г.; все содержание каждой из которых включено настоящим посредством ссылки в данный документ.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0002] Данное изобретение относится к обезвоживанию и объединению водных композиций, включающих мелкозернистые частицы, такие как отходы от обработки 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.

[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 Мьянма 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 подобные гелеобразные structure. 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 мелкозернистых частиц, например, отходов, чтобы уменьшать объем таких отходов и/или чтобы обезвоживать и объединять твердотельные вещества в таких отходах, таким образом, который предпочтителен для рекультивации земель и ликвидации аварий и их последствий.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0010] Преимущества данного изобретения включают процессы обезвоживания водных композиций, включающих мелкозернистые 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 водной композиции. Данный способ включает обработку композиции, которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, с высокорастворимой в воде солью. Преимущественно, способ может включать обработку композиции с 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 обработанную композицию. Обработанная композиция может 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 композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде, (ii) обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и по меньшей мере одним полимерным флокулянтom, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде, (iii) обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и грубыми частицами, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде, и (iv) обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, по меньшей мере одним полимерным флокулянтom и грубыми частицами, чтобы образовывать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде. Каждый из этих вариантов осуществления может включать водные растворы соли и/или полимерного флокулянта, чтобы обрабатывать композицию. Каждый из этих вариантов осуществления может включать отделение производственной воды от объединенного материала. Предпочтительно, объединенный материал имеет плотность большей величины, чем производственная вода.

[0013] Варианты осуществления способов включают одну или несколько из следующих особенностей индивидуальным или

комбинированным образом. Например, водная композиция, включающая мелкозернистые частицы, может являться отходами. 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 °С, например, по меньшей мере примерно 10 г/100 г при 20 °С. 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 обработанная композиция может иметь концентрацию соли в композиции по меньшей мере 0,5 масс.% по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли и предпочтительно не менее, чем примерно 1 масс.%, такую как по меньшей мере примерно 2 масс.% и даже более, чем примерно 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 флокулянтom является полиакриламид или его сополимер. Обработанная композиция может иметь в полимерной композиции концентрацию по меньшей мере одного полимерного флокулянта не менее чем примерно 0,001 масс.%, например, не менее чем примерно 0,003 масс.%, 0,005 масс.%, 0,01 масс.% или 0,04 масс.%. В других вариантах осуществления композицию обрабатывают грубыми частицами, например, песком, при отношении песка к мелкозернистым частицам менее чем 4:1, например, между от примерно 2,5:1,0 до примерно 0,5:1 или между от примерно 2,25:1 до примерно 0,75:1. Преимущественно, полимерный флокулянт образует хлопья высокой плотности, например, имеющие плотность большей величины, чем производственная вода, что способствует отделению и обезвоживанию объединенных твердотельных веществ.

[0015] В различных вариантах осуществления, обработка композиции может включать объединение композиции с раствором, включающим по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль и

по меньшей мере один полимерный флокулянт. В некоторых вариантах осуществления обработка композиции может включать объединение потока композиции, например, отходов, 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 композиции может включать объединение потока композиции, например, 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 композиции или ее 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 композиции может быть выполнена при температуре не более чем 50 °С, например, не более чем примерно 40°С или примерно 30 °С. В других вариантах осуществления обработка композиции включает применение раствора одной или нескольких высокорастворимых солей, получаемых от природного или существующего источника, такого как морская вода или водная масса сверхсоленой воды.

[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. 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 содержать извлечение по меньшей мере части отделенной производственной воды. В некоторых вариантах осуществления способ может дополнительно содержать рециркулирование по меньшей мере части извлеченной отделенной производственной воды для обработки дополнительных отходов. В других вариантах осуществления способ может дополнительно включать очистку по меньшей мере части извлеченной производственной воды.

[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 композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, например, аммониевой солью, такой как сульфат аммония, чтобы образовать обработанную композицию, включающую 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 композиции, 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 обработанной композиции, в соответствии с определенными вариантами осуществления, может приводить к высокому содержанию твердотельных веществ после смешивания и/или обезвоживания обработанной композиции 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 мелкодисперсных 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 примерно 0,005 масс.%, например, не менее чем 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. 1 схематически иллюстрирует пример осуществления способа объединения водной композиции, включающей мелкозернистые частицы и производственную воду.

[0025] 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).

[0026] Фиг. 3 показывает фотографии обезвоженной угольной суспензии от Фиг. 2 после удаления из флакона (слева) и последующего ручного прессования между бумажными полотенцами.

[0027] Фиг. 4 показывает фотографии флаконов, содержащих выдержанные мелкозернистые отходы от обработки нефтеносных песчаников, обработанные раствором аммониевой соли, включающем полиакриламидный флокулянт при концентрациях, указанных на фигуре.

[0028] 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.

[0029] Фиг. 6 показывает фотографию флаконов, содержащих выдержанные мелкозернистые отходы от обработки нефтеносных песчаников, обработанные морской водой, которая включала различные количества полиакриламидного флокулянта.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0030] Данное изобретение относится к обработке водной композиции, включающей мелкозернистые частицы, чтобы объединять и обезвоживать композицию. Водные композиции мелкозернистых частиц могут находиться в форме отходов, которые обычно производятся при горных работах и обработке руд, таких как руды металлов, например, алюминия, меди, цинка, свинца, золота,

серебра и т.д., фосфатная руда, нефтеносные песчаники 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.

[0031] Макрочастицы твердотельных веществ в 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 «мелкозернистые частицы», 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.

[0032] Преимущественно, способ по данному изобретению может объединять твердотельные вещества водных композиций, включающих мелкозернистые частицы, например, отходы, чтобы производить объединенный материал, имеющий содержание твердотельных веществ

более чем примерно 45% по массе, например, содержание твердотельных веществ более чем примерно 70% по массе.

[0033] 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.

[0034] При осуществлении на практике аспектов данного изобретения, водная композиция мелкозернистых частиц и производственная вода могут быть объединены посредством обработки композиции одной или нескольких высокорастворимых в воде солей или их водным раствором, чтобы дестабилизировать и объединять твердотельные вещества в композиции, например, чтобы дестабилизировать и объединять мелкозернистые частицы в композиции. 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 композиция является отходами, например, суспензией макрочастиц твердотельных веществ в водной жидкости, которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, такую как потоки отходов от извлечения металла, или угольной суспензией, которая включает мелкозернистые частицы угля и других веществ. Способ включает обработку композиции одной или несколькими высокорастворимыми в воде солями или их водным

раствором, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал, например, объединенные 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.

[0035] 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.

[0036] 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°C.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] В одном аспекте данного изобретения, обработка композиций по данному изобретению с высокорастворимой в воде солью дестабилизирует и объединяет твердотельные вещества в композиции. Такой способ может включать смешивание композиции,

которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, с высокорастворимой в воде солью, чтобы объединять мелкозернистые частицы, и отделение производственной воды от объединенных мелкозернистых частиц, чтобы производить высокое содержание твердотельных веществ, например, по меньшей мере 45% по массе. В определенных вариантах осуществления высокорастворимой в воде солью является аммониевая соль.

[0041] 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.

[0042] Когда достаточно высокая концентрация высокорастворимой в воде соли включена в обработанную композицию, соль может дестабилизировать и объединять

твердотельные вещества в композиции. Для сравнительно коротких времен процесса со сравнительно низкой потребляемой энергией композиция имеет концентрацию солевого состава для по меньшей мере одной соли, высокорастворимой в воде, которая должна предпочтительно составлять по меньшей мере 0,5 масс.% и предпочтительно не менее чем примерно 1 масс.%, например, по меньшей мере примерно 2 масс.% и даже по меньшей мере примерно 3 масс.%, 4 масс.%, 5 масс.%, и т.д. Термин «концентрация солевого состава композиции», как использовано в данном документе, относится к концентрации одной или нескольких высокорастворимых в воде солей в обработанных водных мелкозернистых частицах, например, отходах, и определяется посредством процентной доли массы одной или нескольких высокорастворимых в воде солей, деленной на общую массу соли или солей плюс водных мелкозернистых частиц и любой воды, примененной для растворения соли или солей. Например, объединение 1 части нерастворенной (т.е. чистой) соли к 99 частям отходов по массе приводит к концентрации солевого состава композиции 1 масс.%. В качестве альтернативы, обработка отходов равной массой 2 масс.%-ного раствора соли также приводит к концентрации солевого состава композиции 1 масс.% в обработанных отходах.

[0043] 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 композицией. 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. Композиция и раствор или суспензия соли должны быть смешаны при соотношении, достаточном, чтобы дестабилизировать композицию и вызывать объединение твердотельных веществ в ней. В одном

аспекте данного изобретения, композицию и раствор соли смешивают при отношении между 5,0:1,0 и 1,0:5,0, например, смешивают при отношении между 1,5:1,0 и 1,0:1,5 композиции к раствору соли.

[0044] 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.

[0045] После обработки водных мелкозернистых частиц по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью твердотельные вещества в композиции могут быть объединены, например, посредством смешивания с последующим осаждением под действием силы тяжести в отстойном резервуаре или посредством

центрифугирования, чтобы увеличить степень образования объединенного материала в обработанной композиции. 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.

[0046] Хотя высокорастворимая в воде соль может дестабилизировать и объединять твердотельные вещества в водных мелкозернистых частицах, было найдено, что способ может быть значительно улучшен посредством добавления одного или нескольких полимерных флокулянтов. Добавление полимерного флокулянта к высокорастворимой в воде соли значительно уменьшает время для объединения мелкозернистых частиц. 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, добавление песка не требовалось, чтобы достигнуть высокого содержания твердотельных веществ, когда имело место значительное содержание грубых частиц, присутствующих в потоке водных мелкозернистых частиц, чтобы предоставлять высокое содержание твердотельных веществ.

[0047] Соответственно, варианты осуществления способа данного изобретения включают, например, (i) обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде, (ii) обработку композиции по

меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и по меньшей мере одним полимерным флокулянтom, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде, (iii) обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и грубыми частицами, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде, и (iv) обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, по меньшей мере одним полимерным флокулянтom и грубыми частицами, чтобы образовывать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде. Каждый из этих вариантов осуществления может включать водные растворы соли и/или полимерного флокулянта, чтобы обрабатывать композицию. 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.

[0048] 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 (DMAAC), 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, полиэтилен имин, хлорид полидиаллилдиметиламмония, полидициандиаמיד или их сополимеры, сополимер полиамида и амина, полиэлектролиты, такие как сульфонированные 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.

[0049] Количество полимера(ов), применяемого(ых) для обработки водных мелкозернистых частиц, должно предпочтительно является достаточным, чтобы флокулировать твердотельные вещества в композиции и любые добавленные грубые частицы, например, песок. Количество полимера(ов), применяемого(ых) для обработки водной композиции, которая включает мелкозернистые частицы, и

производственной воды, такой как отходы, может быть охарактеризовано как концентрация в расчете общую массу композиции или как количество в расчете на массовый процент твердотельных веществ в композиции.

[0050] В некоторых вариантах осуществления по данному изобретению концентрация одного или нескольких полимерных флокулянтов в обработанной композиции имеет концентрацию полимерной композиции не менее чем примерно 0,001 масс.%, например, не менее чем примерно 0,003 масс.%, 0,005 масс.% или не менее чем примерно 0,01 масс.%. Для сравнительно коротких времен обработки, объединение смеси мелкозернистые частицы/песок может быть достигнуто при концентрациях полимерной композиции не менее чем примерно 0,04 масс.%. Термин «концентрация полимерной композиции», как использовано в данном документе, относится к концентрации одного или нескольких флокулирующих полимеров в обработанной композиции, и она определяется посредством процентного содержания массы полимера(ов), деленной общую массу полимера(ов) плюс композиция 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 полимерной композиции 0,01 масс.%. В качестве альтернативы, обработка отходов равной массой 0,02 масс.%-ного раствора полимера также приводит к концентрации полимерной композиции 0,01 масс.%. В определенных вариантах осуществления водные мелкозернистые частицы обрабатывают по меньшей мере одним полимерным флокулянтом, чтобы получить концентрацию полимерной композиции не менее чем примерно 0,02 масс.%, такую как не менее чем примерно 0,03 масс.%, 0,04 масс.%, 0,05 масс.%, и даже по меньшей мере 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, после определенных высоких концентраций становится затрудненным растворение флокулянта, раствор становится слишком вязким, и процесс является менее экономичным.

[0051] В некоторых вариантах осуществления данного изобретения, концентрация одного или нескольких полимерных

флокулянтов в обработанной композиции, например, отходах, имеет количество (массу флокулянта (флокулянтов) по отношению к массе твердотельных веществ в композиции, например, отходов) не менее чем примерно 0,005 масс.%, например, не менее чем примерно 0,01 масс.% и предпочтительно не менее, чем примерно 0,015 масс.%, 0,020 масс.%, 0,025 масс.%, 0,03 масс.% или 0,04 масс.%.

[0052] Количество полимерного флокулянта может быть уменьшено, если концентрация солевого состава композиции увеличена. Наряду с тем, что причина этого эффекта является неясной, очень низкая концентрация полимерной композиции не менее чем примерно 0,001 масс.%, например, не менее чем 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 композиции, например, отходов, если концентрация солевого состава композиции увеличена.

[0053] 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, между примерно 2,5:1,0 до примерно 0,5:1 или между примерно 2,25:1 и 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.

[0054] Обработка водной композиции, включающей мелкозернистые частицы и производственную воду, например, отходы, по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и

необязательно одним или обеими из по меньшей мере одного полимерного флокулянта и/или необязательно песка может быть выполнена различными способами. В определенных вариантах осуществления обработка композиции включает объединение и/или смешивание различных компонентов. Кроме того, по меньшей мере одна соль может быть добавлена непосредственным образом к композиции в качестве неразбавленного твердотельного вещества в порошковой форме или в качестве раствора; по меньшей мере один полимерный флокулянт может быть добавлен непосредственным образом к композиции в качестве неразбавленного материала или в качестве раствора, и песок может быть добавлен к композиции 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 композицией. Порядок объединения соли, полимера и песка с композицией может предоставлять эквивалентные результаты, и оптимизация процесса будет зависеть от типа композиции и масштаба и оборудования, применяемого в процессе.

[0055] Однако, как правило, первоначально приготавливают один или несколько растворов, включающих одну или несколько высокорастворимых в воде солей и один или несколько полимерных флокулянтов с последующим объединением одного или нескольких растворов с композицией и песком. В определенных вариантах осуществления водный раствор одной или нескольких высокорастворимых в воде солей может быть приготовлен 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.%, 10 масс.%, 20 масс.%, 30 масс.% и даже такую высокую как 40 масс.%, или как водную суспензию соли для применения при обработке композиции. Один или несколько полимерных флокулянтов могут также быть включены в водный раствор одной или нескольких солей при концентрации не менее чем примерно 0,005 масс.%, например, не менее чем примерно 0,01 масс.%, 0,04 масс.%, 0,05 wt %, 0,1 масс.%, 0,2 масс.%, 0,4 масс.%. Водный раствор одной или нескольких высокорастворимых в воде солей и одного или нескольких полимерных флокулянтов может

быть применен, чтобы обрабатывать композицию, и может быть объединен с такими композициями при отношении композиции к водному раствору между 5,0:1,0 и 1,0:5,0, например, при отношении между 1,5:1,0 до 1,0:1,5. Песок может быть объединен с композицией перед, во время или после объединения композиции с растворами.

[0056] Поскольку высокорастворимые в воде соли и полимерные флокулянты, которые предпочтительно являются водорастворимыми, применяют в способе по данному изобретению, необходимо, чтобы температура обработанных водных мелкозернистых частиц не превышала температуру окружающей среды при реализации способа. В определенных вариантах осуществления обработка композиции в соответствии с различными вариантами осуществления при этом может быть выполнена при температуре не более чем 50 °С, например, не более чем примерно 40°C или примерно 30 °С. В других вариантах осуществления, таких как объединение пенных отходов от нефтеносных песчаников, поток отходов может уже быть теплым или горячим в результате предшествующей обработки. Способы по данному изобретению могут быть применены непосредственным образом к этим потокам отходов.

[0057] При осуществлении на практике аспектов данного изобретения, композиции, например, суспензия макрочастиц твердотельных веществ в водной жидкости, которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, могут быть объединены посредством обработки таких композиций 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 обработанную композицию. Обработка композиций, например, отходов, таким образом может вызывать дестабилизацию и объединение твердотельных веществ, например, мелкозернистых частиц и песка, в обработанной композиции, чтобы образовать объединенный материал, который может осаждаться под

действием силы тяжести сравнительно быстро в производственной воде.

[0058] Обработанные композиции 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 композициях, 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 обработанной композиции через фильтр с перекрестным потоком, например, пористую или перфорированную трубу, который фильтрует и обезвоживает поток обработанной композиции, 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

обработанной композиции посредством осаждения отделенного объединенного материала в виде тонкого осажденного слоя.

[0059] Объединенный материал, сформированный в обработанных композициях, 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 композициях в соответствии с определенными вариантами осуществления, может приводить к высокому содержанию твердотельных веществ после смешивания и/или обезвоживания обработанных композиций 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 композиции, например, в пределах примерно двух недель или в пределах примерно одной недели слива самотеком под действием силы тяжести после обработки композиции.

[0060] В варианте осуществления данного изобретения способ включает смешивание композиции 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 обработанную композицию, включающую 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.

[0061] 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).

[0062] 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).

[0063] 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.

[0064] Другой аспект способов данного изобретения включает объединение водной композиции, включающей мелкозернистые частицы, и производственной воды, например, отходов, которые включают материалы с редкоземельными элементами (REE), посредством обработки композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, например, аммониевой солью, такой как сульфат аммония,, чтобы образовать обработанную композицию, включающую 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, обработанная композиция объединяет мелкозернистые частицы и также отделяет материалы с редкоземельными элементами (REE) от твердотельных веществ 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, инъекция рассола на месте и экстрагирование, реакционное измельчение и т.д. В других аспектах данного изобретения, обработанная композиция объединяет 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.

[0065] В дополнение к этому, композиция, которая включает материалы с редкоземельными элементами (REE), может быть обработана по меньшей мере одним полимерным флокулянтom и необязательно песком, чтобы образовать обработанную композицию. Обработанная композиция может иметь концентрацию соли в композиции по меньшей мере 0,5 масс.% по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли и предпочтительно не менее, чем примерно 1 масс.%, например по меньшей мере примерно 2 масс.% и даже более, чем примерно 3 масс.%, 4 масс.%, 5 масс.%, и т.д. по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли.

[0066] Способ по данному изобретению делает возможной крупномасштабную обработку водных мелкозернистых частиц в непрерывном или полунепрерывном процессе с дополнительным извлечением, рециркулированием и очисткой по меньшей мере части производственной воды в водных мелкозернистых частицах 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 обработанной композиции, может преимущественно включать значительное количество одной или нескольких высокорастворимых в воде солей, первоначально примененных, чтобы обрабатывать композицию. В определенных вариантах осуществления отделенная производственная вода включает по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, и способ включает извлечение по меньшей мере части отделенной производственной воды; рециркулирование по меньшей мере части извлеченной отделенной производственной воды, чтобы обрабатывать дополнительные водные мелкозернистые частицы; и/или очистку по меньшей мере части извлеченной производственной воды.

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; рециркулирование по меньшей мере части извлеченной отделенной производственной воды, чтобы обрабатывать дополнительные водные мелкозернистые частицы; извлечение материалов редкоземельных элементов (REE) и/или очистку по меньшей мере части извлеченной производственной воды.

[0067] Фиг. 1 схематически иллюстрирует такой типичный непрерывный или полунепрерывный процесс. Как показано на фигуре, водные композиции, включающие мелкозернистые частицы и производственную воду, 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 (101a), которые могут являться водным раствором, с потоком композиции (103a). Для этого варианта осуществления, композиция является композицией отходов, однако другие композиции водных мелкозернистых частиц могут быть обработаны таким же образом. Необязательно, композиция может также быть обработана посредством одного или нескольких полимерных флокулянтов посредством объединения потока одного или нескольких полимерных флокулянтов (102a), который может являться водным раствором, с потоком (103a) композиции. 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 композиции или ее потоку и/или к любому или всем потокам раствора.

[0068] 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 сборных резервуаров 103 и 105, соответственно. В качестве альтернативы, отходы могут быть поставлены от операции экстрагирования нефтеносных песчаников.

[0069] Для этого варианта осуществления поток соли(солей)

(101a) и полимера(ов) (102a) и поток отходов (103a) направляют к смесительному узлу 107, где добавляют поток песка (105a), и комбинацию смешивают. Смесительный узел 107 может являться поточным смесителем, смесительным резервуаром, ленточно-винтовой мешалкой или другим смесительным узлом, который может смешивать потоки 101a, 102a, 103a и 105a. Для этого варианта осуществления водные мелкозернистые частицы объединяют с солью(солями) и полимером(ами) в качестве растворов с последующим добавлением песка, чтобы обработать водные мелкозернистые частицы. Однако, порядок может быть изменен, например, песок может быть объединен с водными мелкозернистыми частицами (105b) с последующим смешиванием с растворами соли(солей) и полимера(ов). Песок может быть добавлен в качестве жидкого или сухого потока. 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 направлены непосредственным образом к узлу механического обезвоживания, чтобы отделить объединенный материал от производственной воды и, в некоторых случаях, чтобы дополнительно объединить твердотельные вещества в объединенный материал.

[0070] Как показано в варианте осуществления на Фиг. 1, после смесителя 107, обработанные водные мелкозернистые частицы, которые включают объединенный материал и производственную воду, перемещают в узел 109 для обезвоживания, чтобы отделить производственную воду от объединенного материала. Такие устройства для обезвоживания 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.

[0071] Отделенная производственная вода может быть

извлечена и собрана в резервуаре 111, и отделенный объединенный материал может быть извлечен и собран в контейнере 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 возможно включать остаточный(е) полимер(ы) от одного или нескольких полимерных флокулянтов а также загрязняющие примеси от водных мелкозернистых частиц. Если водные мелкозернистые частицы включают материалы с редкоземельными элементами (REE), извлеченная производственная вода в резервуаре 111 и/или объединенный материал в контейнере 113 могут также включать материалы с редкоземельными элементами (REE). Имеются также высокорастворимые в воде соли, которые являются компонентами первоначальных водных мелкозернистых частиц, и они становятся частью извлеченной производственной воды. Извлеченная производственная вода в резервуаре 111 может затем быть перемещена к системе 115 для очистки воды, чтобы очищать по меньшей мере часть извлеченной производственной воды, которая перемещена в резервуар 117. 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. Остающуюся неочищенную извлеченную производственную воду перемещают в резервуар 119, чтобы утилизировать производственную воду, включающую одну или нескольких высокорастворимых в воде солей, которые являются компонентами первоначальных водных мелкозернистых частиц. Эта остающаяся, неочищенная извлеченная производственная вода может быть рециркулирована назад к процессу 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.

[0072] 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.

[0073] Способ по данному изобретению может включать добавление органического растворителя (например, лигроина, керосина или C_{5-8} углеводорода, такого как пентан, гексан, гептан, бензол, толуол и т.д., или их смесей), чтобы разбавлять органический материал, относящийся к водным мелкозернистым частицам, например, отходам, таким как остаточные углеводороды, органические растворители, нефть, битум. Добавление органического растворителя образует органическую смесь с органическим материалом, которая может быть удалена.

[0074] В дополнение к этому, объединенные твердотельные вещества могут быть извлечены. Извлеченные объединенные твердотельные вещества могут включать остаток одной или нескольких высокорастворимых в воде солей для 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.

ПРИМЕРЫ

[0075] 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.

[0076] Объединение суспензии угольной золы

[0077] 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. Ионная жидкость содержала воду, 10 масс.% сульфата аммония и 0,1 масс.% полиакриламида (РАМ). 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.

[0078] 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%.

[0079] Изменение соли и концентрации соли при обработке отходов от нефтеносных песчаников

[0080] 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 соли/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. % полиакриламида (РАМ)) Без песка	10% Концентрация ¹	5% Концентрация ²	2% Концентрация ³
Хлорное железо (FeCl_3)	34,9%	--	35,6%
Сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	33,1%	--	34,1%
Хлорид кальция (CaCl_2)	36,8%	37,1%	35,8%
Сульфат аммония (NH_4SO_4)	33,1%	31,8%	31,4%
Хлорид калия (KCl)	35,4%	32,4%	33,5%

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

Соль (+ 0,1 масс. % полиакриламида (РАМ)) С песком	10% Концентрация ¹	5% Концентрация ²	2% Концентрация ³
Хлорное железо (FeCl_3)	45,7%	--	52,8%
Сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	51,4%	--	53,7%
Хлорид кальция (CaCl_2)	58%	56,8%	56,1%
Сульфат аммония (NH_4SO_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. %.

[0081] Таблица 1 представляет содержание твердотельных веществ высушенного объединенного материала после обработки выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ) 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 загрязнение 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 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

[0082] 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.

[0083] 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 (МФТ), 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 (МФТ) 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 (МФТ). Однако меньшие количества растворов соль/полимер с более высокими их концентрациями, чтобы предоставлять такую же концентрацию соль-отходы, предоставляют эквивалентные результаты объединенных материалов.

[0084] 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-прессы, ленточные фильтры, фильтрование в поперечном потоке, шнековые узлы для обезвоживания песка, декантирующие центрифуги, гидроциклоны и т.д.

[0085] Изменение концентрации соли и концентрации полимера при обработке отходов от нефтеносных песчаников

[0086] Когда соль, полимер и песок применяют совместно, концентрация смеси соль-отходы более чем 0,5 масс. % и предпочтительно не менее, чем примерно 1%, должна быть применена, чтобы достигать довольно быстрого объединению 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 ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), содержащего их полиакриламид (РАМ) к 5 г выдержанных мелкозернистых отходов (МФТ). Песок также добавляли, чтобы получить отношение 1:1 песка к мелкозернистым частицам (например, добавляли 1,5 г песка). Количество полиакриламида (РАМ) 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.

[0087] Можно видеть, что для всех флаконов, обработанных 1 масс.%-ными растворами $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 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 концентрации смеси полимер-отходы не менее чем примерно 0,04 масс.%, является предпочтительной.

[0088] 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 (МГТ), обработанных сульфатом аммония/полиакриламидом (РАМ), как определено посредством отделения и сушки объединенного материала.

	0.1% РАМ %	0.08% РАМ %	0.06% РАМ %	0.04% РАМ %	0.02% РАМ %
	Твердотельных веществ	Твердотельных веществ	Твердотельных веществ	Твердотельных веществ	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%

[0089] 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 (МГТ) 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 (МГТ) 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.

[0090] Увеличенная концентрация соли, создающая возможность для низкой концентрации полимера

[0091] 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.

[0092] Изменение концентрации полимера при обработке отходов от нефтеносных песчаников морской водой

[0093] 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 (MFT) от обработки нефтеносных песчаников. Равное количество раствора морская вода-полимер применяли, чтобы обрабатывать выдержанные мелкозернистые отходы (MFT) (примерно 5 г раствора морская вода-полимер к примерно 5 г выдержанных мелкозернистых отходов (MFT)) 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.

[0094] 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 объединения водной композиции, которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, данный способ включает:

обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде; и

отделение производственной воды от объединенного материала.

2. Способ объединения водной композиции, которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, данный способ включает:

обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью и по меньшей мере одним полимерным флокулянтom, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде; и

отделение производственной воды от объединенного материала.

3. Способ объединения водной композиции, которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, данный способ включает:

обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью грубыми частицами, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде; и

отделение производственной воды от объединенного материала.

4. Способ объединения водной композиции, которая включает мелкозернистые частицы и производственную воду, данный способ включает:

обработку композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью, по меньшей мере одним полимерным флокулянтom и грубыми частицами, чтобы образовать обработанную композицию, включающую объединенный материал в производственной воде; и

отделение производственной воды от объединенного материала.

5. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где композиция

является отходами.

6. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль является негидролизуемой солью.

7. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль имеет растворимость в воде более, чем 10 г/100 г при 20 °С.

8. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль имеет одновалентный катион.

9. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где обработанная композиция имеет концентрацию солевого состава композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде соли по меньшей мере 0,5 масс. %.

10. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где по меньшей мере одна высокорастворимая в воде соль является аммониевой солью.

11. Способ по п. 10, где аммониевая соль выбрана из хлорида аммония, бромида аммония, карбоната аммония, бикарбоната аммония, нитрата аммония, сульфата аммония, фосфата аммония или их комбинаций.

12. Способ по любому одному из п.п. 2 или 4, где по меньшей мере одним полимерным флокулянтom является полиакриламид или его сополимер.

13. Способ по любому одному из п.п. 2 или 4, где обработанная композиция имеет состав полимер-композиция с концентрацией по меньшей мере одного полимерного флокулянта не менее чем примерно 0,04 масс. %.

14. Способ по любому одному из п.п. 3 или 4, где композицию обрабатывают песком при отношении песка к мелкозернистым частицам между 2,5:1.0 и 0,5:1.

15. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где обработка композиции включает объединение потока композиции с потоком водного раствора, включающего по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, чтобы производить поток обработанной композиции.

16. Способ по любому одному из п.п. 2 или 4, где 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 поток обработанной композиции.

17. Способ по любому одному из п.п. 2 или 4, где обработка композиции включает объединение потока композиции с потоком водного раствора, включающего по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, и потоком водного раствора, включающего по меньшей мере один полимерный флокулянт, чтобы производить поток обработанной композиции.

18. Способ по п. 4, где обработка композиции включает объединение потока композиции с потоком водного раствора, включающего по меньшей мере одну высокорастворимую в воде соль, и потоком водного раствора, включающего по меньшей мере один полимерный флокулянт, и добавление песка к композиции и/или к по меньшей мере одному из потоков, чтобы производить поток обработанной композиции.

19. Способ по п. 15, где потоки смешивают в линии и необязательно посредством поточного смесителя, чтобы производить поток обработанной композиции.

20. Способ по п. 15, где поток обработанной композиции пропускают через фильтр с перекрестным потоком, чтобы отделить производственную воду от объединенного материала.

21. Способ по любому одному из п.п. 1-4, включающий отделение производственной воды от объединенного материала посредством одной или нескольких операций из декантирования, фильтрования, вакуумирования, слива самотеком под действием силы тяжести или их комбинации.

22. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где отделение производственной воды от объединенного материала включает механическое обезвоживание объединенного материала.

23. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где отделение производственной воды от объединенного материала включает слив самотеком под действием силы тяжести для дополнительного обезвоживания объединенного материала.

24. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где объединенный материал имеет содержание твердотельных веществ по меньшей мере 45% по массе.

25. Способ по любому одному из п.п. 1-4, дополнительно включающий извлечение по меньшей мере части отделенной производственной воды.

26. Способ по п. 25, дополнительно включающий рециркулирование по меньшей мере части извлеченной отделенной производственной воды для обработки дополнительных отходов.

27. Способ по п. 25, дополнительно включающий очистку по меньшей мере части извлеченной производственной воды.

28. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где композиция включает редкоземельные элементы (REE), и обработка композиции по меньшей мере одной высокорастворимой в воде солью образует обработанную композицию, включающую редкоземельные элементы (REE) в производственной воде и/или в объединенных материалах.

29. Способ по п. 28, дополнительно включающий отделение производственной воды от объединенного материала; и извлечение редкоземельных элементов (REE) из отделенной производственной воды.

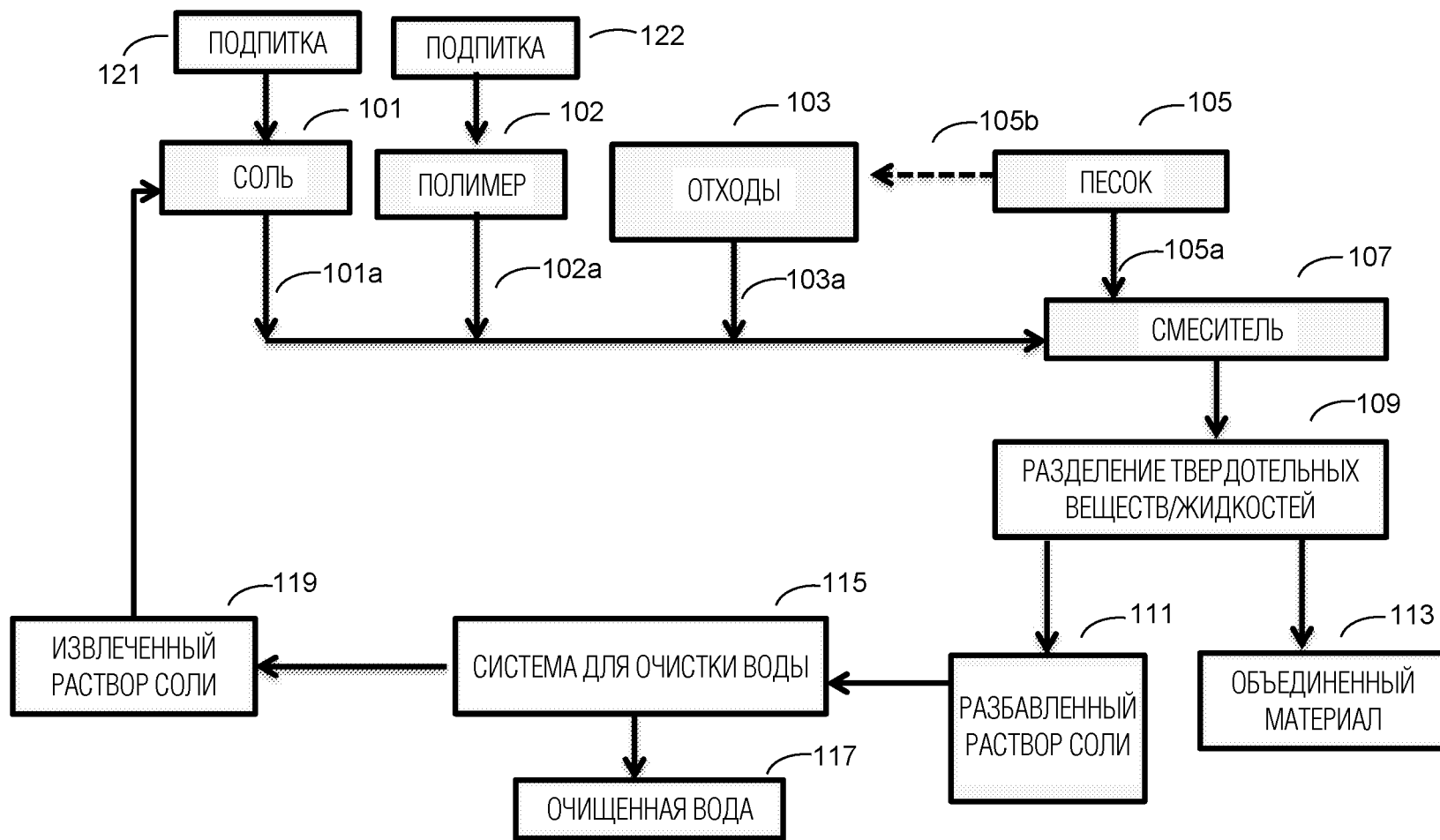
30. Способ по п. 28, дополнительно включающий отделение производственной воды от объединенного материала; и извлечение редкоземельных элементов (REE) из объединенных материалов.

31. Способ по п. 28, дополнительно включающий отделение производственной воды от объединенного материала; и извлечение редкоземельных элементов (REE) из отделенной производственной воды и из объединенных материалов.

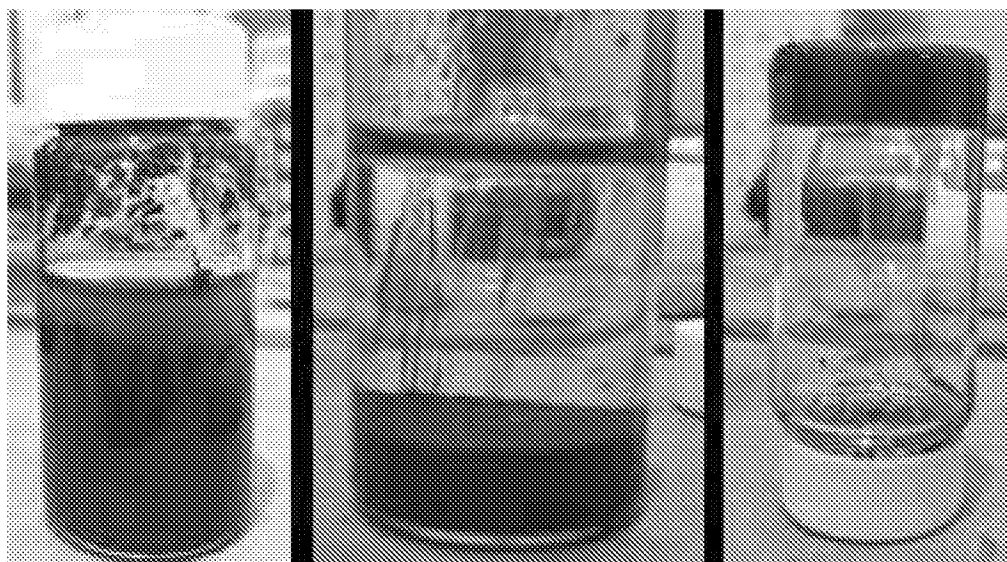
32. Объединенный материал, полученный по любому одному из п.п. 1-4.

33. Объединенный материал, полученный по п. 28.

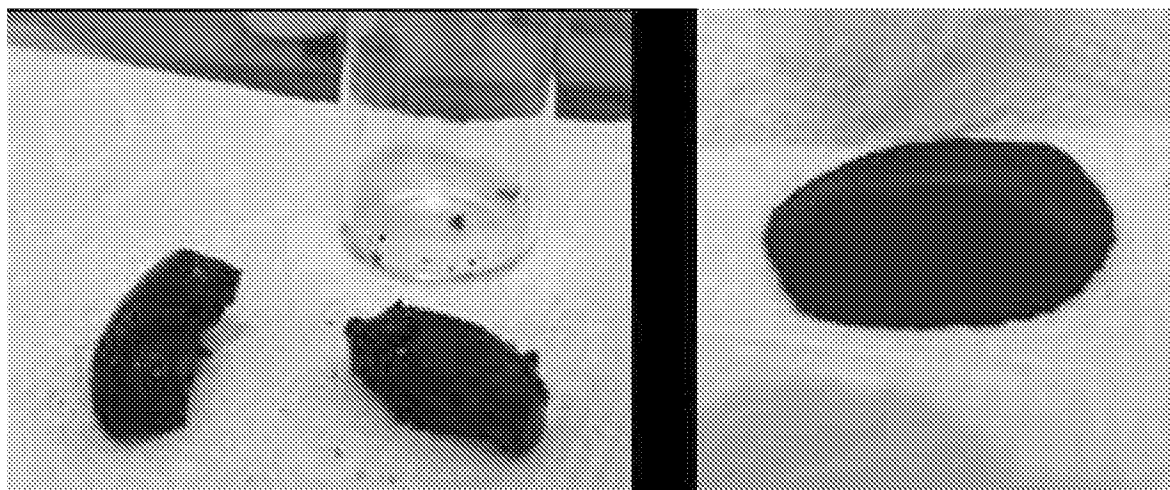
По доверенности



ФИГ. 1



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

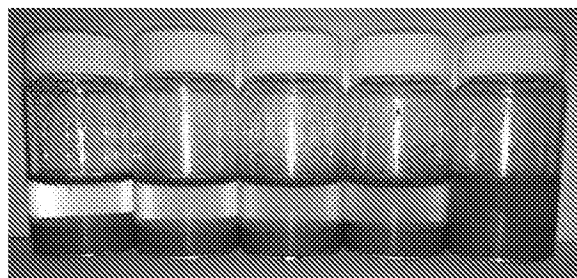


ФИГ. 4

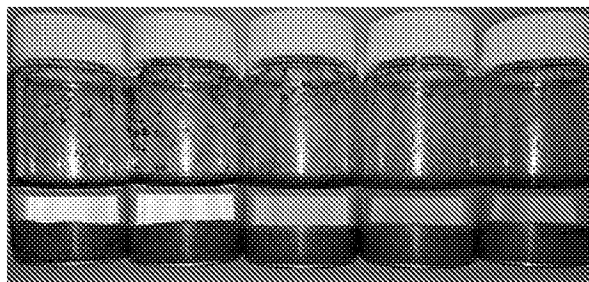
УВЕЛИЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЛИА-
КРИЛАМИДА (РАМ)



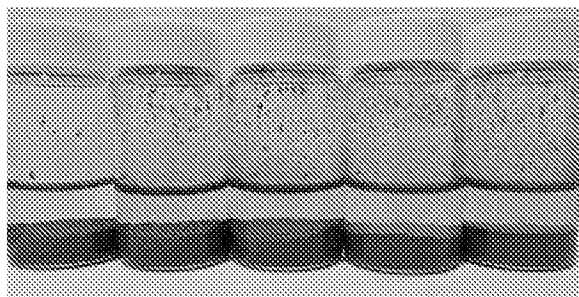
1% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



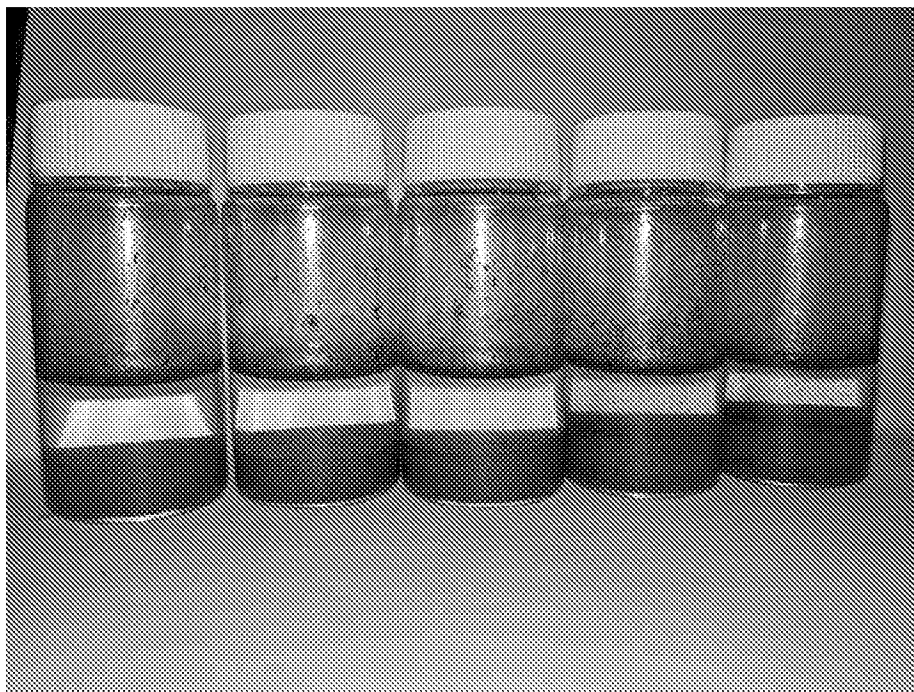
1.5% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



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



ФИГ. 5



ФИГ. 6