

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202293458 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.01.27

(51) Int. Cl. *B01D 21/01* (2006.01)
B03D 3/06 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.06.03

(54) ГРАВИТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ

(31) 63/034,613

(32) 2020.06.04

(33) US

(86) PCT/US2021/035569

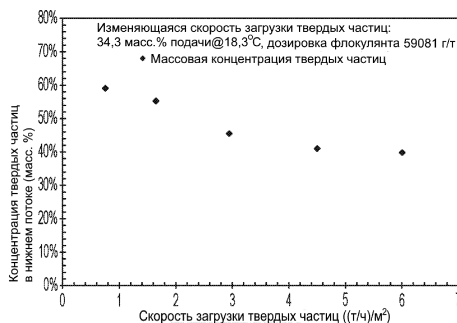
(87) WO 2021/247782 2021.12.09

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

(72) Изобретатель:
Пэйнтер Пол К., Лупински Эрон,
Куява Кристиан (US)

(74) Представитель:
Абильманова К.С. (KZ)

(57) Раскрыты способы сгущения суспензий, такие как для руд на основе металлов и неметаллов. Способы включают обработку исходной суспензии индифферентной солью в сгустителе в количестве, достаточном для повышения эффективности разделения твердых частиц и жидкости по сравнению с исходной суспензией в сгустителе без добавленной индифферентной соли.



A1

202293458

202293458

A1

ГРАВИТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА СООТВЕТСТВУЮЩУЮ ЗАЯВКУ

[0001] Настоящая заявка претендует на преимущество и приоритет предварительной заявки США № 63/034,613, поданной 4 июня 2020 года, раскрытое в которой полностью включено в данный документ посредством этой ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Настоящее изобретение относится к гравитационному разделению суспензий, например, к сгущению и осветлению суспензий для концентрирования твердых частиц и извлечения воды. Такие суспензии (пульпа) могут образовываться в результате переработки руды, например, металлической руды и угля, и могут включать в себя один из этих продуктов или оба продукта и хвосты (отходы).

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0003] Различные способы добычи и извлечения полезных ископаемых в значительной степени зависят от воды для транспортировки руды от мест добычи до центров переработки и для различных процессов извлечения металлов или минералов на добывающем предприятии.

[0004] Доля ценных компонентов во многих рудных телах мала и во многих регионах мира снижается. Например, количество меди в рудах, добываемых в Чили, снизилось с 1,29% в 2000 году до 0,65% в 2016 году (Источник: Чилийская комиссия по меди, Cochilco). В результате действия этих факторов образуется большое и постоянно растущее количество нежелательных (пустых) материалов, обычно в виде суспензии твердых частиц в воде, называемой хвостами. Безопасное хранение таких хвостов включает эффективное удаление воды из хвостов.

[0005] Многие горнодобывающие предприятия находятся в районах, испытывающих дефицит воды, таких как запад США, центральная Австралия и пустыня Атакама в Чили. Поэтому желательно извлекать и повторно использовать воду из хвостов. Повторное использование воды из хвостов дополнительно снижает рост хвостохранилищ.

[0006] На некоторых горнодобывающих предприятиях для извлечения и повторного использования воды из хвостов используются сгустители.

Сгустители могут отделять, по крайней мере частично, твердые частицы от жидкости на крупномасштабных горнодобывающих предприятиях, где образуются хвостовые потоки. Результатом применения сгустителя для хвостов являются такие продукты разделения как

нижний поток в виде суспензии с более высокой плотностью и верхний поток в виде чистой или осветленной жидкости, например, в виде чистой или осветленной воды. Полимерные флокулянты, такие как полиакриламид, обычно используются в сгустителях для хвостов. Такие флокулянты соединяются с хвостами в сгустителях или осветлителях, которые обычно включают резервуар с линиями подачи хвостов и флокулянта, а также скребковые удалители осевшей суспензии.

[0007] Существует необходимость в улучшении эффективности гравитационного разделения суспензий для достижения как высокой скорости отделения твердых частиц от раствора, так и повышения содержания твердых частиц в нижнем потоке.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0008] Преимущества настоящего изобретения включают способы сгущения и осветления суспензий в аппарате с повышенной эффективностью отделения твердых частиц от жидкости.

[0009] Дополнительные преимущества настоящего изобретения включают способы сгущения суспензий с повышенной эффективностью отделения твердой и жидкой фаз при постоянных концентрации твердых частиц в исходной суспензии и пропускной способности или при более высокой удельной пропускной способности и постоянных концентрации твердых частиц в исходной суспензии и производительности сепарации сгущающего оборудования, что в обоих случаях приводит к уменьшению требований к его устройству. Еще одним преимуществом является высокая скорость подъема для операции осветления, например, более 10 м/час. Дополнительные преимущества заключаются в том, что для достижения приемлемой флокуляции требуется меньшее разбавление и перемешивание сырья, что приводит к уменьшению объема загрузочного колодца сгущающего оборудования или даже отказу от загрузочного колодца в сгущающем или осветляющем оборудовании.

[0010] Эти и другие преимущества достигаются, по меньшей мере частично, за счет способа обработки исходной суспензии в сгущающем оборудовании индифферентной солью для разделения исходной суспензии на суспензию нижнего потока и жидкость верхнего потока (сливную жидкость). Преимуществом является то, что суспензия нижнего потока может содержать большую часть твердых частиц или даже все твердые частицы из исходной суспензии, а жидкость верхнего потока может содержать небольшое количество твердых частиц.

[0011] Увеличение эффективности разделения твердых частиц и жидкости по меньшей мере на 10%, в частности, на 15%, 25%, 50%, может быть достигнуто, когда достаточное

количество индифферентной соли используется для обработки исходной суспензии в сгущающем оборудовании по сравнению с исходной суспензией в сгущающем оборудовании без этого количества индифферентной соли. Эффективность может быть определена увеличением скорости осаждения твердых частиц, увеличением скорости пропускания жидкости верхнего потока и/или увеличением концентрации твердых частиц в жидкости верхнего потока по меньшей мере на 10%, в частности, на 15%, 25%, 50%, по сравнению с исходной суспензией в сгущающем оборудовании без этого количества индифферентной соли.

[0012] Предпочтительно способ может включать обработку исходной суспензии индифферентной солью или ее раствором и может дополнительно включать смешивание по меньшей мере одного полимерного флокулянта или его раствора с исходной суспензией или индифферентной солью, или с тем и другим. Суспензия необязательно может обрабатываться в сгущающем оборудовании по меньшей мере одним полимерным флокулянтом одновременно с обработкой суспензии индифферентной солью или после нее. Способ может дополнительно включать удаление суспензии нижнего потока и жидкости верхнего потока из резервуара сгущающего оборудования после обработки суспензии.

[0013] Варианты осуществления способа включают одну или более следующих особенностей отдельно или в комбинации. Например, исходная суспензия, подлежащая обработке, может быть получена в результате переработки металлической руды, например, медной руды, или из угольных отходов. В некоторых реализациях индифферентная соль может иметь растворимость в воде (растворимость соль/вода) около по меньшей мере 5 г/100 г при 20 °C, в частности, около по меньшей мере 10 г/100 г при 20 °C. В дальнейших вариантах осуществления изобретения индифферентная соль может иметь одновалентный катион и может включать щелочную соль, такую как галогенид щелочного металла, соль на основе аммония, соль на основе фосфата, соль на основе сульфата или их комбинации. В некоторых вариантах реализации изобретения обработанная исходная суспензия может включать индифферентную соль в концентрации по меньшей мере 0,4 масс. %, в частности, по меньшей мере 0,5 масс. %, 0,75 масс. % и даже до 2 масс. % или выше в зависимости от концентрации растворенной индифферентной соли в водной фазе исходной суспензии. В некоторых вариантах реализации изобретения по меньшей мере один полимерный флокулянт представляет собой полиакриламид или его сополимер, например, неионные полиакриламиды и их сополимеры.

[0014] В различных вариантах реализации изобретения обработка исходной суспензии может включать смешивание исходной суспензии с раствором, включающим индифферентную соль и, необязательно, по меньшей мере один полимерный флокулянт. В

некоторых вариантах осуществления изобретения исходная суспензия может включать поток таких хвостов как, например, хвосты от переработки металлической руды, в частности, медной руды, которые могут быть смешаны с потоком раствора, включающего индифферентную соль по меньшей мере с одним полимерным флокулянтom или без него. Преимущественно, потоки могут быть смешаны в канале и/или с помощью поточного смесителя перед подачей в сгуститель или смешаны в загрузочном колодце сгустителя. В некоторых вариантах реализации изобретения обработка исходной суспензии может проводиться при температуре окружающей среды, например, не более чем на 2°C-5°C выше температуры окружающей среды. В дальнейших вариантах реализации изобретения обработка исходной суспензии включает использование раствора одной или более индифферентных солей, полученных из природного или существующего источника, такого как морская вода или водоем с гиперсоленой водой, или полученных из потока сточных вод солевого раствора.

[0015] В дальнейших вариантах реализации изобретения сливная жидкость, например, осветленная вода, может быть отделена от обработанной суспензии путем ее оттока из сгустителя, например, путем перелива сливной жидкости через кромку резервуара сгустителя. Преимуществом является то, что сливная жидкость, отделенная от обработанной суспензии, включает растворенную в ней индифферентную соль, которая была добавлена для обработки исходной суспензии. Отделенная сливная жидкость, включающая растворенную индифферентную соль, может быть использована для обработки дополнительной исходной суспензии в сгустителе. Например, индифферентная соль, растворенная в восстановленной жидкости, может быть сконцентрирована, например, с помощью обратного осмоса, и смешана с дополнительной исходной суспензией для ее обработки.

[0016] Преимущественно, способы по этому изобретению могут увеличить скорость осаждения твердых частиц по меньшей мере на 10%, в частности, по меньшей мере на 15%, 25%, 50%, по сравнению с подаваемой в сгуститель суспензией без добавленной индифферентной соли. Альтернативно или в комбинации, способы настоящего изобретения могут увеличить производительность по сливной жидкости по меньшей мере на 10%, в частности, по меньшей мере на 15%, 25%, 50%, по сравнению с загружаемой суспензией в сгустителе без добавленной индифферентной соли. Альтернативно или в комбинации, способы по этому изобретению могут увеличить процентное содержание по массе твердых веществ (концентрация твердых веществ) (масс. %) суспензии нижнего потока примерно на 10%, в частности, по меньшей мере на 15%, 25%, 50%, по сравнению с подаваемой в сгуститель суспензией без добавленной индифферентной соли.

[0017] Сгустители, которые могут быть использованы в способе, могут включать систему подачи, гидравлически соединенную с резервуаром сгустителя (баком), где резервуар имеет выходное отверстие для суспензии нижнего потока и отверстие или кромку для сливной жидкости. Система подачи может быть гидравлически соединена с источником суспензии и может дополнительно включать загрузочный колодец, имеющий камеру для приема подаваемой суспензии. В случае ее наличия загрузочная камера может быть расположена в центре резервуара и может использоваться для смешивания подаваемой суспензии с индифферентной солью и, опционально, полимерным флокулянт. Загрузочный колодец может равномерно распределять обработанную исходную суспензию по площади поперечного сечения резервуара. Подаваемая суспензия и индифферентная соль и, опционально, полимерный флокулянт могут быть смешаны перед подачей для введения обработанной суспензии в резервуар или в дополнительный загрузочный колодец. Резервуар может также включать вращающийся скребковый удалитель осевшей суспензии нижнего потока. Индифферентная соль может быть по крайней мере частично получена из восстановленной сливной жидкости. В некоторых аспектах резервуар и/или загрузочный колодец могут дополнительно принимать сливную жидкость внутрь для разбавления подаваемой суспензии с целью улучшения флокуляции и осаждения для определенных подаваемых суспензий.

[0018] Дополнительные преимущества настоящего изобретения станут очевидны специалистам в данной области из следующего подробного описания, в котором показан и описан только предпочтительный вариант осуществления изобретения, исключительно для иллюстрации наилучшего способа осуществления изобретения. Как будет понятно, изобретение может иметь другие различные варианты воплощения, а его некоторые детали возможно модифицировать в различных очевидных аспектах, без отступления от изобретения. Соответственно, чертежи и описание должны рассматриваться как иллюстративные по своей природе, а не как ограничивающие.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0019] Ссылка сделана на прилагаемые чертежи, на которых элементы, имеющие одинаковые цифровые обозначения, представляют собой аналогичные элементы для всего описания, и где:

[0020] ФИГ. 1 представляет собой схематическую иллюстрацию сгустителя, который может быть использован для реализации некоторых аспектов настоящего изобретения.

[0021] ФИГ. 2 представляет собой график зависимости концентрации твердых частиц в нижнем потоке от скорости загрузки твердых частиц при обработке исходной суспензии

раствором индифферентной соли и полимерного флокулянта в соответствии с аспектами настоящего изобретения.

[0022] ФИГ. 3 представляет собой график зависимости концентрации твердых частиц в сливной жидкости от скорости загрузки твердых частиц при обработке исходной суспензии раствором индифферентной соли и полимерного флокулянта в соответствии с аспектами настоящего изобретения.

[0023] ФИГ. 4 представляет собой график зависимости скорости подъема сливной жидкости от скорости загрузки твердых частиц при обработке исходной суспензии раствором индифферентной соли и полимерного флокулянта в соответствии с аспектами настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0024] Сгущение — это процесс, в котором суспензия, т. е. смесь твердого вещества и водной жидкости, разделяется на плотную суспензию нижнего потока, содержащую большую часть твердых веществ, и верхний поток преимущественно прозрачной водной жидкости, например, осветленной воды или раствора в процессах выщелачивания. Осветление — это процесс, в котором суспензия низкой плотности разделяется до прозрачной сливной жидкости. Основная задача сгустителей - увеличить количество осевших твердых частиц, в то время как основная задача осветлителей - получить прозрачную сливную жидкость. Движущей силой для разделения в любом из этих процессов является гравитация, когда разница в плотности фаз приводит к разделению твердых частиц и водной жидкости. В горнодобывающей промышленности сгущение путем осаждения применяется как к продуктам, так и к потоку хвостов для извлечения воды. Эта вода может быть повторно использована в процессе.

[0025] Хвосты обычно образуются при добыче и переработке руд, таких как металлические руды, например, алюминий, медь, цинк, свинец, золото, серебро, молибден, литий, железо и т.д., неметаллические руды, например, фосфатная руда, нитратная руда, йодная руда, нефтеносные пески и т.д. Хвосты также могут образовываться при переработке угля. Например, в некоторых процессах перед сжиганием уголь тонко измельчают, чтобы легче освободить пирит (соединение на основе серы) и, следовательно, уменьшить выбросы серы при сжигании измельченного угля. Такие процессы могут привести к образованию мелких частиц угля, а также других мелких минералов или минеральных веществ в водной композиции, которые трудно извлечь и повторно использовать.

[0026] Настоящее изобретение относится к обработке поступающей исходной суспензии (например, твердо-водной жидкой смеси продукта или хвостов) в сгущающем или

осветляющем оборудовании индифферентной солью для разделения твердых частиц в исходной суспензии, например, на суспензию нижнего потока и жидкость верхнего потока. Было установлено, что при добавлении индифферентной соли в достаточном количестве в подаваемую суспензию происходит эффективная агрегация твердых частиц и эффективная флокуляция. Далее было установлено, что этот процесс значительно эффективнее обычных методов коагуляции, поскольку флокуляция может проводиться при более высоких концентрациях твердых частиц сырья, требует меньше перемешивания и эффективен при работе с минералами, такими как, например, глина, которые традиционно являются устойчивыми к разделению твердых частиц и жидкости. Флокуляция более эффективна при захвате мелких и сверхмелких частиц, что приводит к получению более чистой сливной жидкости. Таким образом, настоящее изобретение также применимо к осветлителям. Образующиеся хлопьевидные агрегаты более прочны и менее подвержены сдвигу. Благодаря эффективной флокуляции, которая может быть достигнута в подающей системе сгустителя, зависимость от загрузочного колодца снижается, а во многих случаях необходимость в загрузочном колодце полностью отпадает. Таким образом, в одном из аспектов настоящего изобретения, суспензия может быть обработана индифферентной солью для разделения подаваемой суспензии на суспензию нижнего потока и жидкость верхнего потока в сгущающем или осветляющем оборудовании без загрузочного колодца.

[0027] Преимущественно способ по этому изобретению приводит к повышению эффективности разделения твердых частиц и жидкости по меньшей мере на 10% по сравнению с загружаемой суспензией в сгустителе без добавленной индифферентной соли. Сравнение выполнено при постоянной концентрации твердых частиц в исходном материале и пропускной способности. Следовательно, способы настоящего изобретения могут иметь увеличенную скорость осаждения твердых частиц, увеличенную пропускную способность сливной жидкости и/или увеличенный процент по массе твердых частиц (концентрация твердых частиц) (масс. %) в суспензии нижнего потока в сгустителе по сравнению с исходной суспензией без добавленной индифферентной соли. Каждый из показателей скорости осаждения твердых частиц, пропускной способности переливной жидкости, процентного содержания по массе твердых частиц (концентрация твердых частиц) (масс. %) суспензии нижнего потока в сгустителе может быть индивидуально увеличен по меньшей мере на 10%, в частности, по меньшей мере на 15%, 25%, 50%, 75%, 100%, 125% или выше, по сравнению с исходной суспензией без добавленной индифферентной соли. Причины повышения эффективности разделения заключаются в прочной природе образовавшихся агрегатов хлопьев и их повышенной скорости оседания в верхней части сгустителя, а также в более высокой гидравлической проводимости и, следовательно, более

высокой скорости обезвоживания слоя твердых частиц в нижней части сгустителя, а также в улучшенном улавливании мелких и сверхмелких частиц при обработке исходной суспензии индифферентной солью.

[0028] В практических аспектах настоящего способа сгущение суспензии включает обработку исходной суспензии индифферентной солью или ее раствором и может дополнительно включать обработку исходной суспензии по меньшей мере одним полимерным флокулянтom или его раствором. Исходная суспензия может обрабатываться в аппарате сгустителя по меньшей мере одним полимерным флокулянтom одновременно с обработкой исходной суспензии индифферентной солью или после нее. Способ может дополнительно включать удаление суспензии нижнего потока и сливной жидкости верхнего потока из отстойника в виде двух различных потоков.

[0029] Исходная суспензия может быть введена в резервуар через дополнительный загрузочный колодец. Твердые частицы в исходной суспензии оседают под действием силы тяжести, отделяясь от водной жидкости, образуя слой, который может быть подтолкнут к выходному отверстию скребковым удалителем осевшей суспензии нижнего потока. Отделенная водная жидкость, например, осветленная вода, выходит через переливной патрубок резервуара. Эффективность отстаивания и конечное содержание твердых веществ в отстоявшемся твердом веществе (суспензия нижнего потока) повышается при использовании индифферентных солей настоящего изобретения.

[0030] На фиг. 1 схематично показан сгуститель, который может быть использован в данном процессе. Сгуститель 100 может включать систему подачи (110), гидравлически соединенную с резервуаром сгустителя (120), в котором резервуар имеет выходное отверстие (122) для суспензии нижнего потока (130) и отверстие или кромку (126) для сливной жидкости (140). В некоторых аспектах резервуар и/или питательный колодец могут дополнительно принимать сливную жидкость внутрь для разбавления подаваемой суспензии для улучшения флокуляции и осаждения для определенных суспензий. Система подачи может быть гидравлически соединена с источником суспензии (не показан для удобства иллюстрации) через линию подачи (112) и может включать загрузочный колодец (114), имеющий камеру для приема суспензии. Загрузочный колодец (114) может быть расположен в центре резервуара и может использоваться для смешивания исходной суспензии с индифферентной солью и, по желанию, полимерным флокулянтom. Индифферентная соль может быть, по крайней мере, частично получена из восстановленной переливной жидкости. Например, индифферентная соль растворяется в восстановленной переливной жидкости и может быть сконцентрирована, например, при

помощи обратного осмоса, и смешана с дополнительно подаваемой суспензией для ее обработки в сгустителе.

[0031] Загрузочный колодец может равномерно распределять обработанную исходную суспензию по площади поперечного сечения резервуара. Подаваемая суспензия и индифферентная соль и, опционально, полимерный флокулянт могут быть смешаны перед подачей суспензии в загрузочный колодец или в самом загрузочном колодце. Резервуар может также включать вращающийся узел скребкового удалителя осевшей суспензии нижнего потока (для удобства иллюстрации не показан). Загрузочный колодец может также включать скребок для предотвращения накопления твердых частиц и/или для целей перемешивания подаваемого материала.

[0032] В обычных сгустителях исходную суспензию обычно разбавляют перед процессом сгущения до концентрации твердых веществ в пределах от 2% до 18% твердых веществ (по массе), в частности, от 3% до 18% твердых веществ (по массе). Разбавление снижает расход реагентов за счет еще более улучшенной флокуляции, улучшает скорость свободного оседания и концентрацию твердых частиц в нижнем потоке сгустителя. Однако преимущество практических аспектов способа сгущения по настоящему изобретению заключается в том, что разбавление исходной суспензии может быть сведено к минимуму и даже исключено в процессе сгущения. Следовательно, в практических аспектах настоящего изобретения исходная суспензия может иметь концентрацию твердых веществ, кратную 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3 или выше концентрации твердых веществ при обработке суспензии индифферентной солью по сравнению с обработкой без индифферентной соли. Например, исходная суспензия может иметь концентрацию твердых веществ более 10 масс. % твердых веществ, в частности, более 15 масс. % твердых веществ и более 20 масс. %, 25 масс. % и даже более 30 масс. % твердых веществ при обработке исходной суспензии индифферентной солью. Для обычной потребности в разбавлении исходной суспензии до 3%–5%, в соответствии с практическими аспектами настоящего изобретения можно достичь такой же эффективности при разбавлении от 12% до 14%. Для обычного требования разбавления исходной суспензии до 15%, в соответствии с практическими аспектами настоящего изобретения можно достичь такой же эффективности при разбавлении примерно от 30% до 35%.

[0033] Кроме того, скорость загрузки твердых частиц для исходной суспензии, обработанной в соответствии со способами настоящего изобретения, может быть больше, чем обычно. Типичная скорость загрузки твердых частиц для преимущественно безглинистого сырья составляет около 1,5 (т/ч)/м² ((метрических тонн/час)/метр квадратный). Типичная скорость загрузки твердых частиц для песка составляет около

2 (т/ч)/м², а для обычно исходного шлама - от 0,025 до 1 (т/ч)/м². Предпочтительно, скорость загрузки твердых частиц для исходной суспензии, обрабатываемой индифферентной солью и, необязательно, полимерным флокулянт, может быть больше 2 (т/ч)/м², в частности, по меньшей мере, около 2,5 (т/ч)/м² и по меньшей мере, около 3; 3,5; 4; 4,5; 5 и 6 (т/ч)/м².

[0034] В высокоскоростных сгустителях содержание твердых веществ в нижнем потоке составляет порядка от 30 масс. % до 60 масс. %, в частности, около 50 масс. %, в зависимости от природы исходной суспензии и условий работы сгустителя (скорость подачи и т. д.). Еще более высокая концентрация твердых частиц в суспензии нижнего потока иногда может быть получена при использовании сгустителей высокой плотности, высокой степени сжатия или пастовых сгустителей. Они выше, чем обычные сгустители, для увеличения самоуплотняющегося веса твердых частиц в сформированном слое. Они также имеют более крутые уклоны дна для улучшения движения осевшей суспензии к точке выгрузки. Более высокая плотность твердых частиц в слое этих сгустителей по сравнению с высокоскоростными сгустителями значительно увеличивает крутящий момент для скребка, что требует большей мощности его привода. Кроме того, по мере увеличения плотности твердых частиц вблизи основания сгустителя гидравлическая проводимость уменьшается, снижая скорость отвода воды. Сгустители высокой плотности стоят дороже, чем высокоскоростные сгустители, и существует компромисс между стоимостью, возможностью перекачки нижнего потока в сгустителе и количеством извлекаемой воды.

[0035] В данном контексте, индифферентная соль — это соль, которая обладает высокой растворимостью в водной фазе суспензии, диссоциируя на один или несколько катионов и анионов, остается растворенной в водной фазе без выпадения осадка из суспензии в течение всего процесса сгущения и остается растворенной в сливной жидкости. Диссоциированные катионы или анионы индифферентной соли далее не вступают в химическую реакцию с образованием коагулятов или химическую реакцию с компонентами суспензии, такими как полимерный флокулянт, во время процесса или подвергаются реакциям окисления или восстановления во время процесса сгущения. Такие индифферентные соли предпочтительны, поскольку они остаются растворенными в водной фазе обработанной исходной суспензии и могут быть существенно восстановлены из сливной жидкости после обработки исходной суспензии и впоследствии использованы для обработки дополнительной исходной суспензии.

[0036] Кроме того, индифферентные соли предпочтительно не являются солями карбоксилатов, поскольку такие соли органических кислот, как правило, дороже неорганических солей и могут быть губительными для растений и/или животных.

[0037] Индифферентная соль предпочтительно имеет растворимость в воде более 2 г соли на 100 г воды (т.е. растворимость соль/вода составляет 2 г/100 г) при 20°C. Предпочтительно индифферентная соль имеет растворимость в воде по меньшей мере около 5 г/100 г при 20°C, в частности, по меньшей мере около 10 г/100 г соли/воды при 20°C. Индифферентные соли, которые предпочтительны для способов согласно настоящему изобретению, включают соли, имеющие одновалентный катион без многовалентных катионов, например, соли щелочных металлов, такие как соли галогенидов щелочных металлов, например, хлорид натрия, хлорид калия; также соли, имеющие одновалентные катионы без многовалентных катионов, такие как нитраты натрия и калия, фосфаты натрия и калия, сульфаты натрия и калия и т.д. пригодны для реализации способов согласно настоящему изобретению. Другие индифферентные соли, имеющие одновалентные катионы, пригодные для способов согласно настоящему изобретению, включают соли на основе аммония без многовалентных катионов, такие как 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 др. Также могут быть использованы смеси таких солей.

[0038] Некоторые соли на основе аммония целесообразны для осуществления настоящего изобретения, поскольку остаточные соли на основе аммония в концентрированных твердых веществах могут быть полезны для растений. Фактически, многие соли на основе аммония полезны в качестве удобрений, например, хлорид аммония, нитрат аммония, сульфат аммония и т.д. Многие соли сульфата и фосфата с одновалентным катионом также полезны в качестве удобрений. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения индифферентная соль или соли, используемые для способов согласно настоящему изобретению, предпочтительно могут быть нетоксичными и полезными для растений, чтобы помочь в восстановлении окружающей среды и рекультивации шахтных участков.

[0039] Индифферентные соли, которые могут быть использованы при осуществлении настоящего способа, могут также включать соли, имеющие многовалентные катионы. Такие соли включают, например, соли двухвалентных катионов, такие как соли катионов кальция и магния, например, 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). Однако эксперименты с многовалентными солями показали повышенное загрязнение контейнеров и образование менее связных

консолидированных материалов по сравнению с индифферентными солями, содержащими одновалентные катионы.

[0040] Хотя коагулирующие соли и реактивные соли могут быть использованы в способах настоящего изобретения, последние могут быть реализованы без включения значительного количества коагулирующих солей и/или реактивных солей, например, менее 40 масс. %, 30 масс. %, 20 масс. %, в частности, менее 10 масс. % таких солей, если таковые вообще присутствуют, по отношению к общему количеству солей по массе (коагулирующих солей, реакционноспособных солей и индифферентных солей), используемых для обработки исходных суспензий. Коагулирующие соли, которые предпочтительно не включаются в значительном количестве в обработку исходной суспензии, включают алюминиевые коагулянты, такие как квасцы, сульфат алюминия, $(Al_2(SO_4)_3)$, хлорид алюминия, и железные коагулянты, такие как хлорид железа ($FeCl_3$), сульфат железа ($Fe_2(SO_4)_3$), цитрат железа, сульфат железа ($Fe(SO_4)$), сульфат железа аммония, известь (CaO) и т.д. Реакционноспособные соли, которые предпочтительно не включаются в значительном количестве в обработку исходной суспензии, включают соли титана, соли цинка, такие как хлорид цинка, соли циркония, такие как ацетат циркония, оксихлорид циркония, нитрат церия-аммония и т.д.

[0041] Когда достаточно высокая концентрация индифферентной соли используется для обработки исходной суспензии, индифферентная соль может дестабилизировать и уплотнять твердые частицы в суспензии нижнего потока. Оборудование для сгущения и осветления обеспечивает относительно высокое перемешивание и позволяют эффективно перемешивать индифферентную соль. Аспекты практического осуществления изобретения включают общую концентрацию растворенной индифферентной соли по меньшей мере около 0,4 масс. %, в частности, по меньшей мере 0,5 масс. %, 0,75 масс. % и предпочтительно не менее около 0,5 масс. %, 0,75 масс. %, в частности, по меньшей мере около 1 масс. %, 1,5 масс. %, 2 масс. % и даже по меньшей мере около 2,5 масс. %, 3 масс. %, 4 масс. %, 5 масс. % и т.д. Определение концентрации индифферентной соли, растворенной в водной фракции, включает количество, добавленное вместе с любой индифферентной солью, которая уже может быть частью водной фракции исходной суспензии до добавления индифферентной соли в исходную суспензию.

[0042] Индифферентную соль или соли можно использовать для обработки исходной суспензии в этом изобретении в твердом виде, например, соединяя соль в виде порошка с исходной суспензией. Альтернативно, соль может находиться в растворе для обработки исходной суспензии, например, путем смешивания водного раствора соли с исходной суспензией в сгустителе. В некоторых аспектах настоящего изобретения можно

использовать водный раствор индифферентной соли с концентрацией не менее чем около 1 масс. %, например, более чем около 2 масс. %, 3 масс. %, 5 масс. %, 7 масс. %, 10 масс. %, 20 масс. %, 30 масс. % и даже до 40 масс. % или в виде водной солевой суспензии. Исходную суспензию и индифферентный солевой раствор смешивают в соотношении, достаточном для дестабилизации и консолидации твердых частиц в суспензии.

[0043] В некоторых вариантах осуществления способов согласно изобретению может быть более выгодным использование природного источника индифферентной соли или солей, например, в природном водоеме, включающем такие соли в достаточно высокой концентрации, например, по меньшей мере около 2 масс. % и даже по меньшей мере около 3 масс. % или выше. Например, океанская или морская вода может быть использована в качестве источника индифферентных солей, что может значительно улучшить экономичность процесса при определенных условиях. Подавляющее большинство морской воды имеет соленость от 31 г/кг до 38 г/кг, то есть 3,1–3,8 %. В среднем морская вода в Мировом океане имеет соленость около 3,5 % (35 г/л, 599 мМ). Морская вода представляет собой смесь солей, содержащую не только хлорид натрия в виде катионов натрия и анионов хлора (в сумме составляющих около 85% растворенных солей), но и анионы сульфата и катионы кальция, калия и магния. Присутствуют и другие ионы (например, бикарбонат), но они являются основными компонентами. Другой природный источник высокорастворимых солей, который может быть использован, включает водоем с высоким содержанием соли (гиперсоленый водоем), например, гиперсоленое озеро, пруд или водохранилище. Гиперсоленый водоем — это водоем, который имеет высокую концентрацию хлорида натрия и других хорошо растворимых солей с уровнем солености, превышающим океанскую воду, например, более 3,8 масс. % и обычно более 10 масс. %. Такие гиперсоленые водоемы находятся на поверхности земли, а также в недрах, которые могут быть выведены на поверхность в результате операций по добыче руды.

[0044] В других вариантах осуществления способов согласно изобретению может быть целесообразно использовать рассол, полученный при опреснении соленой воды, в качестве источника индифферентной соли (солей). Рассол можно использовать отдельно в качестве источника индифферентной соли (солей) или в сочетании с другим источником индифферентной соли (солей), таким как морская вода.

[0045] Хотя индифферентные соли могут дестабилизировать и уплотнять твердые частицы в исходной суспензии, добавление одного или нескольких полимерных флокулянтов может сократить время отстаивания и увеличить выход сливной жидкости. Следовательно, один или несколько полимерных флокулянтов могут быть добавлены одновременно или после обработки исходной суспензии индифферентной солью в сгустителе.

[0046] Полимеры, которые полезны при осуществлении настоящего изобретения, включают водорастворимые флокулирующие полимеры, такие как полиакриламиды или их сополимеры, такие как неионные полиакриламиды и их сополимеры, анионный полиакриламид (АРАМ), такой как полиакриламид-соакриловая кислота, и катионный полиакриламид (СРАМ), который может содержать со-мономеры, такие как хлорид акрилоксиэтилтриметиламмония, хлорид метакрилоксиэтилтриметиламмония, хлорид полидиметилдиаллиламмония (DMDAAC) и т.д. Другие водорастворимые флокулирующие полимеры, применимые для осуществления настоящего изобретения, включают полиамин, такой как полиамин или его кватернизированная форма, например, полиакриламид-содиметиламиноэтилакрилат в кватернизированной форме, полиэтиленимин, хлорид полидиаллилдиметиламмония, полидициандиамид или их сополимеры, полиамид амина, также могут быть использованы полиэлектролиты, такие как сульфонируемые полистиролы. Также могут быть использованы другие водорастворимые полимеры, такие как полиэтиленоксид и его сополимеры. Полимерные флокулянты могут быть синтезированы в виде различных молекулярных масс (MW), типов электрического заряда и плотности заряда в соответствии с конкретными требованиями. Преимущественно, флокулирующий полимер, используемый в способах настоящего изобретения, не включает использование активированных полисахаридов или активированных крахмалов, т.е. полисахаридов и крахмалов, прошедших термическую обработку, в количестве, достаточном для снижения плотности хлопьевидных агрегатов до уровня ниже плотности хвостовой воды, из которой они выделены. Такие активированные полисахариды и активированные крахмалы при использовании в достаточно высоких дозах склонны к образованию плавучих низкой плотности, которые поднимаются к поверхности водной композиции, что может привести к помутнению переливаемой жидкости.

[0047] Количество полимера(ов), используемого(ых) для обработки хвостов, предпочтительно должно быть достаточным для флокуляции твердых частиц в исходной суспензии. Количество полимера(ов), используемого для обработки исходной суспензии, может быть охарактеризовано как дозировка, основанная на массовых процентах твердых веществ в исходной суспензии. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения один или несколько полимерных флокулянтов могут быть использованы для обработки исходной суспензии при дозировке (масса флокулянта(ов) к массе твердых веществ в суспензии) от нуля и до примерно 0,005 масс. %, например, до примерно 0,01 масс. %, а в некоторых вариантах осуществления до примерно 0,015 масс. %, 0,020 масс. %, 0,025 масс. %, 0,03 масс. % или 0,04 масс. %.

[0048] Поскольку в способе по настоящему изобретению используются индифферентные соли и полимерные флокулянты, которые предпочтительно растворимы в воде, нет необходимости повышать температуру сгущаемой суспензии в сгустителе выше температуры окружающей среды для практического осуществления способа. В определенных вариантах осуществления изобретения обработку исходной суспензии можно проводить примерно при температуре окружающей среды или не более чем на 2-5°C выше температуры окружающей среды.

[0049] В практических аспектах настоящего способа сгущение суспензии включает обработку исходной суспензии индифферентной солью или ее раствором в сгустителе, включающем отстойник, а также отделение и извлечение сливной жидкости, например, осветленной воды, из отстойника после обработки исходной суспензии. Процесс может включать смешивание исходной суспензии с концентрацией более 2 масс. % твердых веществ, в частности, более 15 масс. % и даже более 20 масс. % твердых веществ и выше с индифферентной солью в резервуаре. При достаточной концентрации индифферентной соли в водной фазе исходной суспензии твердые частицы оседают на дно резервуара под действием силы тяжести и могут быть подтолкнуты к выходному отверстию скребком. Предпочтительно, скорость загрузки твердых частиц для исходной суспензии, подлежащей обработке индифферентной солью и, необязательно, полимерным флокулянт, может быть больше 2 (т/ч)/м², например, по меньшей мере, около 2,5 (т/ч)/м² и по меньшей мере, около 3; 3,5; 4; 4,5; 5 и 6 (т/ч)/м².

[0050] Осветленная вода может выходить из отстойника через сливное отверстие или кромку отстойника. Чистота сливной жидкости обычно находится в диапазоне от 100 ppm до 5000 ppm. Но для достижения такой низкой прозрачности сливной жидкости скорость загрузки твердых частиц поддерживается на относительно низком уровне. Преимуществом настоящего изобретения является то, что даже при очень высокой скорости загрузки твердых частиц, например, по меньшей мере, около 4, 5 и 6 (т/ч)/м², прозрачность сливной жидкости остается ниже 5000 ppm, например, ниже 2500 ppm, 1000 ppm и даже ниже 500 ppm или 300 ppm. Такая прозрачность сливной жидкости может быть определена с помощью детектора мутности.

[0051] Эффективность отстаивания и конечное содержание твердых веществ в отстоявшемся твердом веществе (суспензии нижнего потока сгустителя) повышается при обработке шлама индифферентной солью. Преимуществом обработки исходной суспензии индифферентной солью в соответствии с аспектами настоящего изобретения является то, что скорость подъема обработанной исходной суспензии может быть очень низкой даже при высокой скорости загрузки твердых частиц. Например, скорость подъема обработанной

исходной суспензии может быть менее 3 метра в час (м/ч) при скорости загрузки твердых частиц в пределах примерно 3-6 (т/ч)/м² и даже менее 2 м/ч при скорости загрузки твердых частиц примерно 1,5 (т/ч)/м².

[0052] Преимуществом является то, что поскольку индифферентная соль является хорошо растворимой в воде солью, индифферентная соль почти полностью остается в водной фазе обработанной исходной суспензии и может быть извлечена со сливной жидкостью, например, осветленной водой, из отстойника после обработки исходной суспензии. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения, сливная жидкость, например, осветленная вода, извлеченная из обработанной исходной суспензии, имеет концентрацию индифферентной соли, которая аналогична концентрации индифферентной соли в обработанной исходной суспензии. Некоторая потеря индифферентной соли может быть обусловлена потерей при удалении суспензии нижнего потока. Однако предпочтительно, чтобы непосредственно восстановленная сливная жидкость имела концентрацию растворенной в ней индифферентной соли по меньшей мере около 0,3 масс. %, в частности, по меньшей мере 0,4 масс. %, 0,5 масс. % и предпочтительно не менее около 0,7 масс. %, например, по меньшей мере около 1 масс. % и т.д. Отделенная сливная жидкость, включающая растворенную индифферентную соль, может быть использована для обработки дополнительных хвостов в сгустителе. Кроме того, отделенную сливную жидкость, включающую растворенную индифферентную соль, можно концентрировать перед использованием для обработки дополнительно подаваемой исходной суспензии, например, с помощью обратного осмоса.

ПРИМЕРЫ

[0053] Следующие примеры предназначены для дополнительной иллюстрации некоторых предпочтительных вариантов осуществления изобретения и не носят ограничительного характера. Специалисты в данной области определяют или смогут установить, используя не более чем обычные эксперименты, многочисленные эквиваленты конкретных веществ и процедур, описанных в настоящем документе.

[0054] Хвосты меди смешивались для получения средней концентрации твердых частиц около 30 масс. % и затем разделялись на два образца исходной суспензии. Один образец был обработан полиакриламидным флокулянтom AF 304 (контрольный образец), а другой - раствором индифферентной соли (сульфат аммония) и полимерного флокулянта (тестируемый образец). Оба образца показали консолидацию твердых частиц. Однако контрольный образец требовал разбавления для эффективной флокуляции, в то время как тестируемый образец не требовал разбавления для эффективной флокуляции и мог быть

флокулирован при концентрации твердых частиц 34 масс. %. Дальнейшие динамические испытания высокоскоростного периодического сгущения показали, что тестируемый образец может быть уплотнен при гораздо более высоких концентрациях твердых частиц в питании сгустителя, чем это обычно бывает при использовании обычных флокулянтов. Было обнаружено, что для достижения флокуляции требуется меньше энергии и что получаемые хлопьевидные агрегаты более стабильны.

[0055] ФИГ. 2 представляет собой график зависимости концентрации твердых частиц в суспензии нижнего потока от скорости загрузки твердых частиц для тестируемых образцов (т. е. исходной суспензии, обработанной раствором индифферентной соли (сульфат аммония и полимерный флокулянт)). Как показано на графике ФИГ. 2, концентрация твердых частиц в суспензии нижнего потока падает с увеличением скорости загрузки твердых частиц. Однако данные показывают, что обработка исходной суспензии индифферентной солью привела к гораздо более высокой скорости загрузки твердых частиц по сравнению с обычным высокоскоростным сгущением.

[0056] ФИГ. 3 представляет собой график зависимости концентрации твердых частиц в сливной жидкости от скорости загрузки твердых частиц для обработанного тестируемого образца. ФИГ. 3 показывает, что даже при очень высокой скорости загрузки твердых частиц (например, 6 (т/ч)/м²), прозрачность сливной жидкости остается ниже 300 ppm, и вполне соответствует обычной прозрачности сливной жидкости от 100 ppm до 5000 ppm для обычных сгустителей. Перенос твердых частиц происходит преимущественно в виде очень мелких флоккул, которые могут быть в основном осаждены на дне последующих уравнивающих резервуаров.

[0057] ФИГ. 4 представляет собой график зависимости скорости подъема сливной жидкости от скорости загрузки твердых частиц для обработанного тестируемого образца. ФИГ. 4 дает объяснение исключительной чистоты перелива, полученной при обработке исходной суспензии испытуемого образца индифферентной солью, а именно, значительно сниженной скорости подъема в сгустителе при подаче в сгуститель даже неразбавленной исходной суспензии. Как показано на ФИГ. 4, скорость подъема обработанной исходной суспензии имеет следующие значения:

[0058]

Скорость подъема сливной жидкости (м/ч)	Скорость загрузки твердых частиц ((т/ч)/м ²)
< 3	6
< 2.5	4.5

< 2.5	3
< 2	1.5

[0059] Снижение скорости подъема, наблюдаемое для обработанной суспензии, улучшило прозрачность сливной жидкости. Данные также показывают, что обработка подаваемой исходной суспензии индифферентной солью и полимерным флокулянтom может проводиться на неразбавленном потоке суспензии, т.е. на потоке суспензии с концентрацией твердых частиц более 15 масс. %, например, более 30 масс. %. Еще одним преимуществом флокуляции при более высокой концентрации твердых частиц является то, что разбавление в загрузочном колодце или перед ним не требуется, что снижает требования к его конструкции и размерам.

[0060] Кроме того, эффективная флокуляция с использованием индифферентной соли делает возможной очень высокую скорость загрузки твердых частиц в сгуститель. Хотя концентрация твердых частиц в нижнем потоке уменьшается с увеличением скорости загрузки твердых частиц, испытания на консолидацию показали, что высокая скорость консолидации, достигаемая при обработке индифферентной солью, позволяет поддерживать концентрацию твердых частиц в нижнем потоке за счет увеличения времени удержания слоя, достигаемого за счет увеличения высоты боковых стенок сгустителя, как это происходит в сгустителях высокой плотности или пастовых сгустителях. Таким образом, обработка суспензии индифферентной солью и флокулянтom означает, что можно использовать сгустители меньшего диаметра, но более высокие, или, наоборот, для применения требуются сгустители меньшего размера.

[0061] В целом, был сделан вывод, что сгущение исходной суспензии с использованием индифферентной соли и полимерного флокулянта является высокоэффективным, требуя значительно меньше энергии и времени по сравнению с традиционной химией флокуляции. Кроме того, было установлено, что эффективность сгущения гораздо менее чувствительна к минералогии и эффективно обезвоживает образцы с высоким содержанием глины.

[0062] Хвосты фосфатов обрабатывали индифферентной солью для определения влияния сгущения обработанных суспензий по сравнению с необработанными суспензиями. При одинаковой массовой концентрации твердых частиц в нижнем потоке сгустителя (%), суспензии, обработанные индифферентной солью, имели примерно 10-кратное увеличение скорости загрузки твердых частиц в сгуститель (т/ч)м². 10-кратное увеличение скорости загрузки твердых частиц сгустителя происходило в диапазоне массовой концентрации твердых частиц (%) в нижнем потоке сгустителя от примерно 41% до примерно 50%. Кроме того, обработанные суспензии могли достигать массовой концентрации твердых частиц (%)

в нижнем потоке сгустителя до 55%, в то время как необработанные суспензии достигали массовой концентрации твердых частиц (%) в нижнем потоке сгустителя менее 50%.

[0063] В настоящем описании показан и описан только предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения и примеры его многофункциональности. Следует понимать, что настоящее изобретение может быть использовано в различных других комбинациях и условиях и может быть изменено или модифицировано в пределах объема изобретательской концепции, изложенной в настоящем документе. Например, специалисты в данной области определяют или смогут установить, используя не более чем обычные эксперименты, многочисленные эквиваленты конкретных веществ, процедур и схем, описанных в настоящем документе. Такие эквиваленты считаются входящими в объем настоящего изобретения и охватываются следующей формулой изобретения.

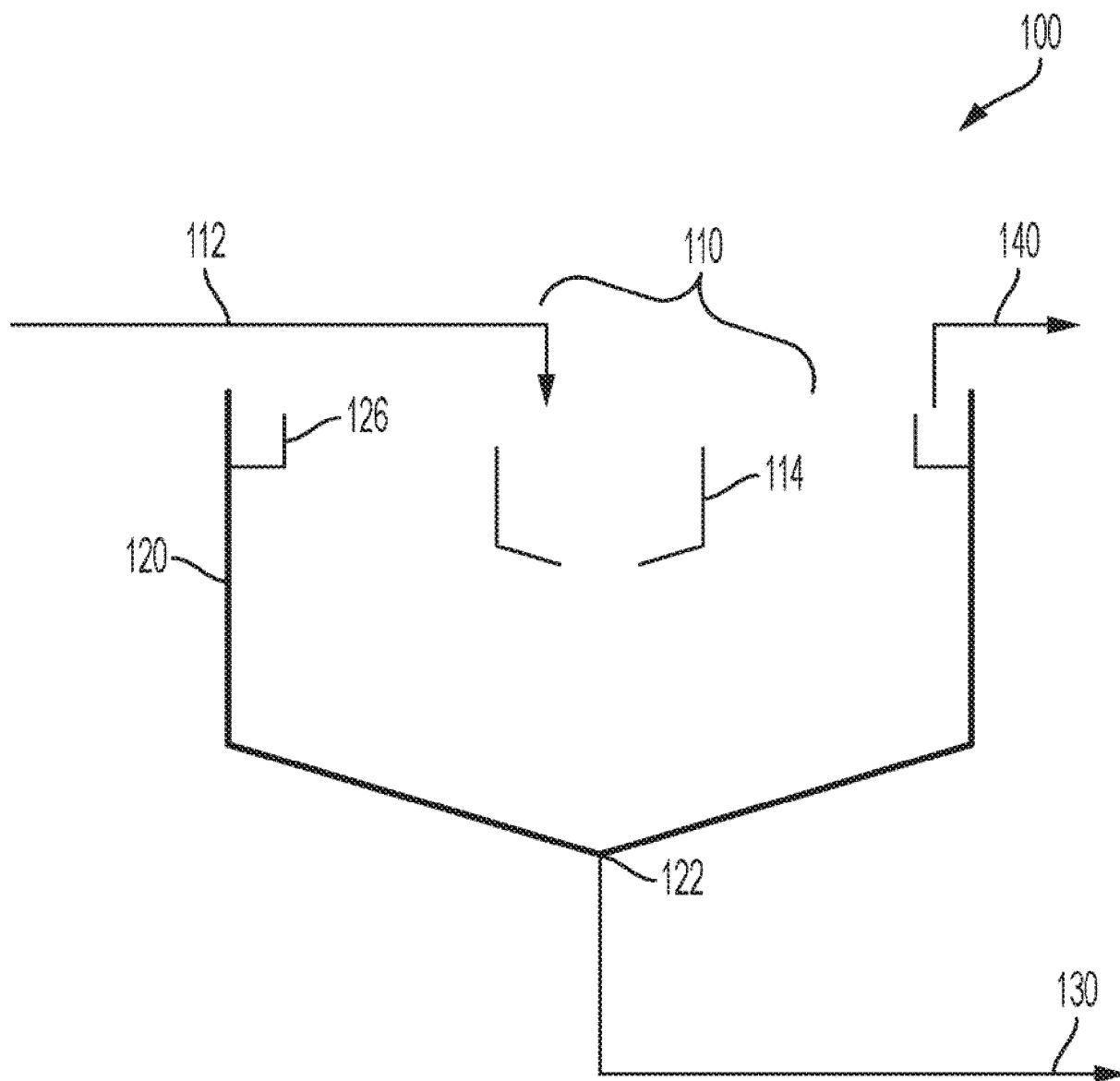
ГРАВИТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ сгущения суспензии, включающий обработку исходной суспензии в сгустителе индифферентной солью для разделения исходной суспензии на суспензию нижнего потока и сливную жидкость верхнего потока с увеличением эффективности по меньшей мере на 10% по сравнению с исходной суспензией в сгустителе без добавленной индифферентной соли.
2. Способ по пункту 1, где сгуститель включает систему подачи, гидравлически соединенную с резервуаром-сгустителем, где резервуар имеет выходное отверстие для суспензии нижнего потока и отверстие или кромку для сливной жидкости.
3. Способ по пункту 1 или пункту 2, где обработанная исходная суспензия имеет концентрацию индифферентной соли, растворенной в ее водной фазе, не менее 0,5 масс. %.
4. Способ по пункту 1 или пункту 2, дополнительно включающий обработку исходной суспензии по меньшей мере одним полимерным флокулянтom одновременно с обработкой исходной суспензии индифферентной солью или после нее.
5. Способ по пункту 1 или пункту 2, дополнительно включающий извлечение сливной жидкости, включающей растворенную в ней индифферентную соль, с последующим концентрированием индифферентной соли в сливной жидкости и смешиванием концентрированной индифферентной соли с дополнительной исходной суспензией.
6. Способ по пункту 5, где индифферентная соль представляет собой галогенид щелочного металла.
7. Способ по пункту 5, где индифферентная соль представляет собой соль на основе аммония, не включающая многовалентные катионы.
8. Способ по пункту 5, в котором непосредственно извлеченная сливная жидкость включает индифферентную соль, растворенную в ней в концентрации по меньшей мере 0,3 масс. %.

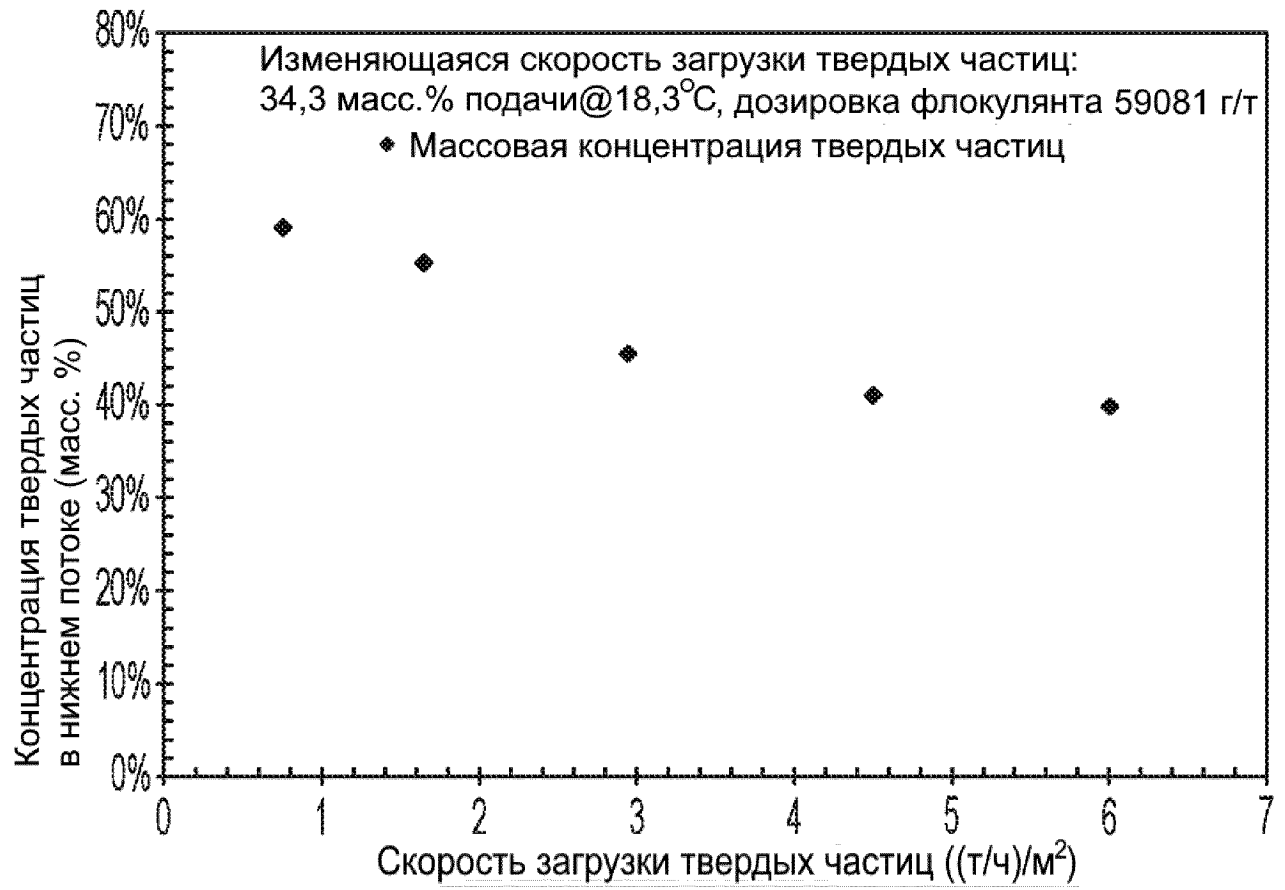
ГРАВИТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ

1/4



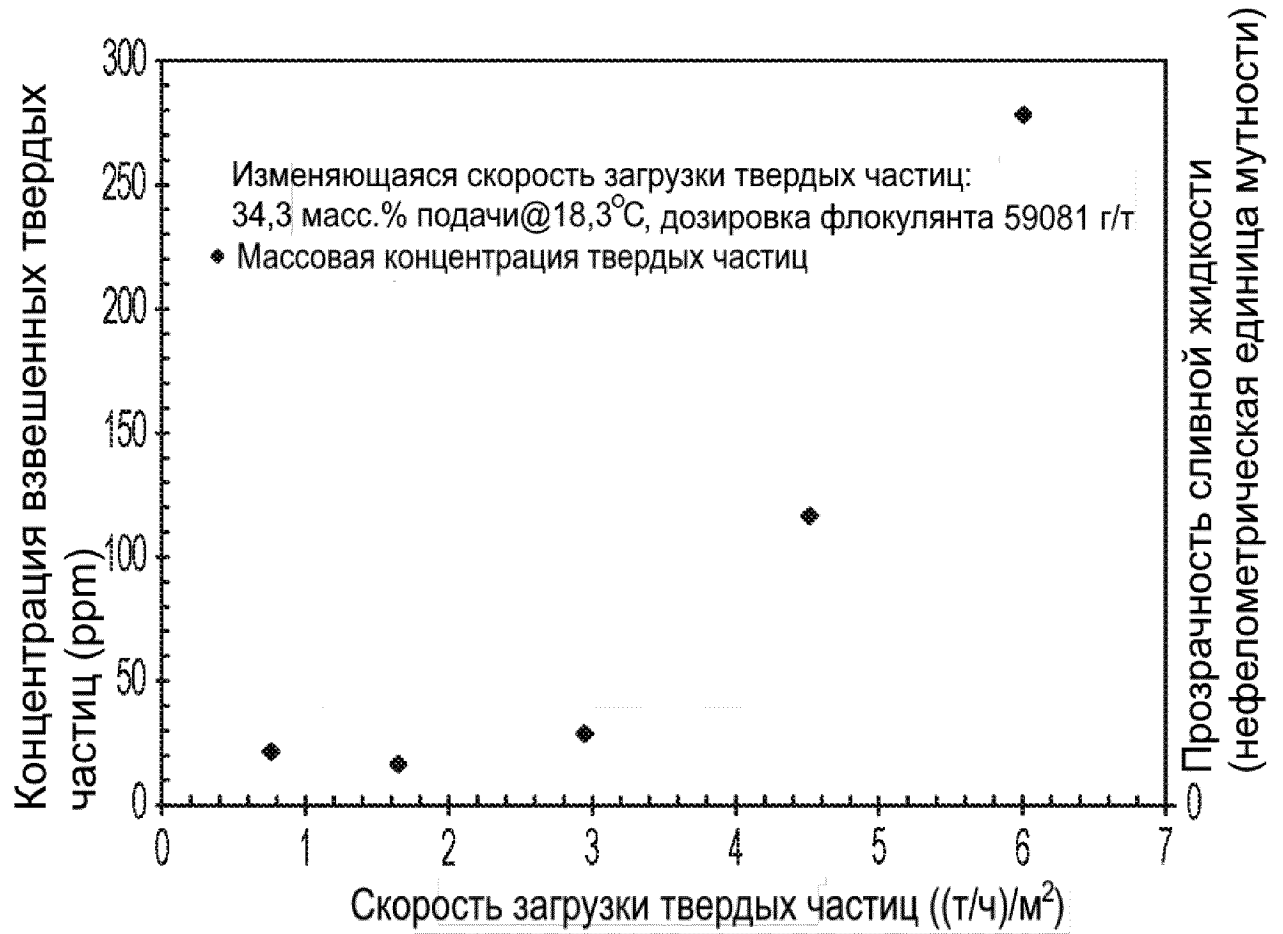
ФИГ. 1

2/4



ФИГ. 2

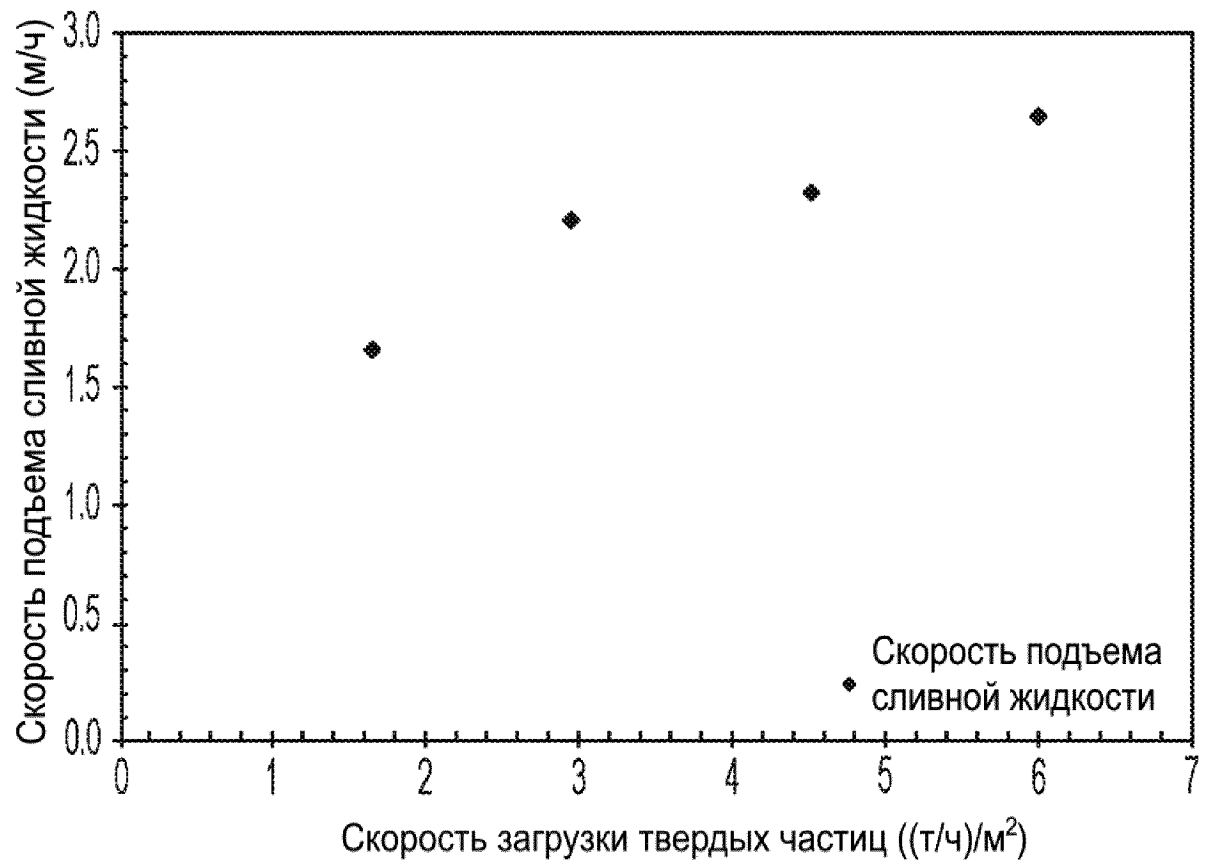
3/4



ФИГ. 3

ГРАВИТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ

4/4



ФИГ. 4