

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041781**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.12.01

(21) Номер заявки
201991745

(22) Дата подачи заявки
2017.02.15

(51) Int. Cl. **B03D 1/14** (2006.01)
C22B 1/00 (2006.01)
B03D 1/24 (2006.01)

(54) **ФЛОТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО, ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ, УСТАНОВКА И СПОСОБ**

(43) **2020.01.27**

(86) **PCT/FI2017/050094**

(87) **WO 2018/150076 2018.08.23**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(72) Изобретатель:
Бурк Питер (AU), Ринне Антти (FI)

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)**

(56) **US-A-5285972**
EP-A2-0476354
WO-A1-9924169
US-A-5951875

(57) Изобретение относится к флотационной установке для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе (11). Устройство содержит линию (10) первичной флотации, содержащую по меньшей мере две камеры (110a, 110b) первичной флотации, первую линию (21) вторичной флотации и вторую линию (22) вторичной флотации, расположенную ниже по потоку (60) от первой линии вторичной флотации. В предложенном устройстве нижний продукт (42a) из линии вторичной флотации может проходить в последнюю из по меньшей мере одной камеры (110a) первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт (51a). Изобретение также относится к применению флотационной установки, к флотационной установке и к способу флотации.

B1

041781

041781

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к флотационному устройству и его применению, флотационной установке и способу флотации для отделения частиц руды, содержащей ценный металл, от частиц руды, взвешенных в пульпе.

Сущность изобретения

Устройство, выполненное в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п.1 формулы изобретения.

Применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п.52 формулы изобретения.

Флотационная установка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п.55 формулы изобретения.

Способ флотации, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п.66 формулы изобретения.

Предложено флотационное устройство для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. Устройство содержит флотационные камеры для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт. Разделение осуществляется с помощью флотационного газа. Устройство содержит линию первичной флотации, содержащую по меньшей мере две камеры первичной флотации, соединенные последовательно, причем каждая последующая камера первичной флотации выполнена с возможностью получения нижнего продукта из предыдущей камеры первичной флотации. Устройство также содержит первую линию вторичной флотации, содержащую камеру вторичной флотации, проточно сообщающуюся с по меньшей мере одной первой камерой первичной флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта из указанной по меньшей мере одной первой камеры первичной флотации для извлечения первого концентрата. Кроме того, ниже по потоку от первой линии вторичной флотации устройство содержит дополнительную линию вторичной флотации, причем дополнительная линия вторичной флотации содержит камеру вторичной флотации, проточно сообщающуюся с дополнительной камерой первичной флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта из дополнительной камеры первичной флотации для извлечения первого концентрата. Устройство отличается тем, что нижний продукт из линии вторичной флотации может протекать в последнюю камеру из указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или в камеру первичной флотации ниже по потоку от последней камеры из указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт.

Применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с настоящим изобретением, предназначено для использования при извлечении частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал.

Флотационная установка, выполненная в соответствии с изобретением, содержит флотационное устройство, выполненное в соответствии с настоящим изобретением.

Способ флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, включает обработку пульпы в по меньшей мере двух стадиях первичной флотации, последовательно для разделения пульпы на первичный нижний продукт и первичный верхний продукт, причем первичный нижний продукт из стадии первичной флотации направляют в последующую дополнительную стадию первичной флотации. После стадии первичной флотации по меньшей мере один первый первичный верхний продукт направляют по меньшей мере в одну стадию первой вторичной флотации для извлечения первого концентрата. После дополнительной стадии первичной флотации по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт направляют по меньшей мере в одну стадию дополнительной вторичной флотации для извлечения первого концентрата. Способ флотации отличается тем, что нижний продукт из стадии вторичной флотации направляют в первичную флотацию на последней из по меньшей мере одной стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или в расположенную ниже по потоку стадию первичной флотации.

С помощью изобретения, описанного в настоящем документе, цель обработки пульпы может быть перенесена на эффективное отделение не представляющей ценности фракции от частиц руды и на извлечение максимального количества ценных частиц. Другими словами, частицы руды, содержащие очень мало или даже минимальные количества ценного материала, могут быть извлечены для дальнейшего процесса/обработки. Это может быть особенно полезно для низкосортных руд, т.е. руд с очень небольшим количеством ценного материала, например, из бедных месторождений полезных ископаемых, которые ранее могли считаться экономически слишком незначительными, чтобы оправдать их использование. Когда нижний продукт из камер вторичной флотации возвращается ниже по потоку в линию первичной флотации в направлении потока пульпы под действием силы тяжести или с помощью насоса с низким напором, потребление энергии может быть сокращено, при этом тем не менее достигается очень эффективное извлечение ценного минерала. Можно достичь высокой сортности для части потока пульпы и одновременно получить высокую степень извлечения для всего потока пульпы, проходящего через флотационное устройство. Благодаря направлению нижнего продукта из линии вторичной флотации ни-

же по потоку можно избежать энергоемкой перекачки. Таким образом, повторная обработка потока пульпы в некотором количестве смежных флотационных камер обеспечивает эффективное извлечение минералов без какого-либо значительного увеличения потребления энергии, поскольку потоки пульпы не нужно перекачивать энергозатратными способами, а управлять ими с использованием естественного гидростатического напора нисходящих потоков пульпы внутри флотационного устройства и флотационной установки. Пульпа возвращается для дополнительной обработки в то место во флотационном устройстве, где аналогичная пульпа уже обрабатывается.

Таким образом, в начале или на переднем конце флотационного устройства можно извлекать частицы высокосортной руды, содержащие ценный минерал, тогда как в конце флотационного устройства можно извлекать как можно большее количество частиц руды, содержащих даже небольшое количество ценного минерала. Сортность верхнего продукта увеличивается благодаря использованию линий вторичной флотации, тогда как линия первичной флотации в особенности обеспечивает эффективное полное извлечение частиц руды, содержащих ценный минерал. Флотационное устройство позволяет повысить сортность без использования высокоэнергетической перекачки, что обеспечивает значительные преимущества по сравнению с существующим уровнем техники.

Предложенные флотационное устройство, его применение, флотационная установка и способ флотации обеспечивают технический результат, позволяющий универсально извлекать частицы различного размера, а также эффективно извлекать частицы руды, содержащие ценный минерал, из низкосортного рудного сырья с относительно низким начальным количеством ценного минерала. Преимущества, обеспечиваемые конструкцией линии флотации, позволяют точно регулировать параметры конструкции линии флотации в соответствии с заданным ценным материалом на каждой установке.

Путем обработки пульпы в соответствии с настоящим изобретением, как определено в этом описании, извлечение ценного материала, содержащего частицы, может быть увеличено. Начальная степень извлечения материала может быть ниже, но материал (т.е. пульпа) также, таким образом, легко подготавливается для дополнительной обработки, которая может включать, например, повторное измельчение и/или очистку.

Расположение линий флотации таким образом, чтобы по меньшей мере некоторые или все флотационные камеры (т.е. днища флотационных камер) находились на одном уровне, увеличивает скорость строительства, упрощает планирование и строительство и, таким образом, снижает затраты. Эта так называемая унипланарность флотационных камер или линий флотации может дать преимущества за счет сокращения инвестиционных затрат, поскольку для строительства установки требуется меньше земляных работ и меньше места. Это может быть особенно выгодно, когда размер флотационной камеры увеличивается. Это опять-таки может быть желательно с точки зрения оптимизации производительности процесса при одновременном снижении капитальных затрат на инвестиции. В случае когда флотационные камеры расположены унипланарным образом, поток пульпы из флотационной камеры в последующую флотационную камеру может быть достигнут путем перекачки, например, с помощью насосов с низким напором.

В соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения линии флотации также могут быть расположены ступенчато, так что по меньшей мере некоторые из флотационных камер (т.е. днища флотационных камер) либо в линии первичной флотации, либо в линии вторичной флотации расположены на разных уровнях: например, дно первой камеры линии первичной флотации может быть расположено выше дна следующей дополнительной камеры первичной флотации и/или выше дна первой камеры вторичной флотации, в которую направлен верхний продукт из первой камеры первичной флотации. Таким образом, уровень поверхности пульпы по меньшей мере некоторых из флотационных камер, следующих за первыми камерами первичной флотации, расположен ниже, создавая тем самым ступеньку между любыми двумя последующими флотационными камерами, непосредственно проточно соединенными друг с другом. Созданная таким образом ступенька позволяет достичь гидростатического напора или перепада гидростатического давления (напорного градиента) между двумя последующими флотационными камерами, в результате чего поток пульпы из одной камеры в другую может быть создан под действием силы тяжести без каких-либо отдельных насосов. Напорный градиент принудительно направляет поток пульпы к выпускному отверстию для хвостов или к выпускным отверстиям линии флотации. Это может уменьшить необходимость в дополнительной перекачке. Кроме того, требования к мощности перекачки могут быть снижены, поскольку поток материала направлен вниз по направлению действия силы тяжести из-за перепада уровня поверхности пульпы. Это может быть применено даже к вариантам выполнения, в которых уровни поверхности пульпы соседних флотационных камер в линии флотации находятся на одном уровне. Снижение потребности в энергоемкой перекачке приводит к экономии энергопотребления, а также к упрощению выполнения процесса флотации и к уменьшению потребности в пространстве для строительства.

Под направлением указанного по меньшей мере одного первого первичного верхнего продукта непосредственно в по меньшей мере одну стадию первой вторичной флотации для извлечения первого концентрата подразумевается, что между стадией первичной флотации и стадией вторичной флотации процесс не включает стадию измельчения. Устраняя стадию измельчения, гидростатический напор пото-

ка пульпы между любыми двумя последующими стадиями не теряется, при этом для перемещения потока пульпы может использоваться только сила тяжести. Таким образом, первый первичный верхний продукт может быть отделен от дополнительного первичного верхнего продукта более низкого качества. Первый первичный верхний продукт может быть подвергнут флотации отдельно от дополнительного первичного верхнего продукта, что увеличивает извлечение частиц руды, содержащих ценный минерал.

В этом описании в отношении флотации используются следующие определения. Флотация включает явления, связанные с относительной плавучестью объектов. Флотация - это процесс отделения гидрофобных материалов от гидрофильных материалов путем добавления в процесс флотационного газа, например, воздуха. Флотация может быть реализована на основе естественных гидрофобных/гидрофильных различий или на основе гидрофобных/гидрофильных различий, возникающих при добавлении поверхностно-активного вещества или химического собирателя. Газ может быть добавлен к сырью, подлежащему флотации (пульпе или суспензии), несколькими различными способами.

По сути флотация направлена на извлечение концентрата из частиц руды, содержащих ценный минерал. Под концентратом в настоящем документе подразумевается часть пульпы, извлеченная в верхнем продукте или в нижнем продукте, выведенная из флотационной камеры. Под ценным минералом подразумевается любой минерал, металл или другой материал, имеющий коммерческую ценность.

Флотация включает явления, связанные с относительной плавучестью объектов. Термин "флотация" включает все способы флотации. Флотация может быть, например, пенной флотацией, флотацией растворенным воздухом (DAF) или флотацией индуцированным газом. Пенная флотация - это процесс отделения гидрофобных материалов от гидрофильных материалов путем добавления в процесс газа, например воздуха. Пенная флотация может осуществляться на основе естественных гидрофильных/гидрофобных различий или на основе гидрофильных/гидрофобных различий, возникающих при добавлении поверхностно-активного вещества или химического собирателя. Газ может быть добавлен к сырью, подлежащему флотации (пульпе или суспензии), несколькими различными способами.

Под флотационным устройством в настоящем документе подразумевается сборка, содержащая несколько, по меньшей мере два, флотационных блока или две флотационные камеры, которые расположены в проточном соединении друг с другом для обеспечения либо гравитационного, либо перекачиваемого потока пульпы между флотационными камерами, с формированием линии флотации. Устройство предназначено для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, путем флотации. Таким образом, ценные металлосодержащие частицы руды извлекаются из частиц руды, взвешенных в пульпе. Пульпа подается через впускное отверстие в первую флотационную камеру линии флотации для иницирования процесса флотации. Флотационное устройство может быть частью более крупной флотационной установки, содержащей одно или несколько флотационных устройств. Поэтому ряд различных устройств для предварительной и последующей обработки могут находиться в функциональном соединении с компонентами флотационной установки, как известно специалисту в данной области техники.

Под линией флотации в настоящем документе подразумевается часть флотационного устройства, в котором несколько флотационных камер расположено в проточном соединении друг с другом, так что нижний продукт каждой предыдущей флотационной камеры направляется в последующую флотационную камеру в виде питания вплоть до последней флотационной камеры линии флотации, из которой нижний продукт направляется из линии в виде хвостов или отходящего потока.

Флотационные камеры во флотационном устройстве проточно соединены друг с другом. Проточное соединение может быть достигнуто с помощью трубопроводов, таких как трубы или трубки, различной длины, причем длина трубопровода зависит от общей физической конструкции флотационного устройства.

В качестве альтернативы флотационные камеры могут быть расположены в непосредственном соединении друг с другом. Под непосредственным соединением камер в настоящем документе подразумевается расположение, при котором наружные стенки любых двух последующих флотационных камер соединены друг с другом, так что выпускное отверстие первой флотационной камеры может быть соединено с впускным отверстием последующей флотационной камеры без какого-либо отдельного трубопровода. Непосредственный контакт уменьшает необходимость в использовании трубопровода между двумя соседними флотационными камерами. Таким образом, это уменьшает потребность в компонентах при строительстве линии флотации, ускоряя процесс строительства. Кроме того, это может снизить образование отложений и упростить обслуживание линии флотации.

Проточное соединение между флотационными камерами и флотационными блоками может быть непосредственным, т.е. две флотационные камеры (принадлежащие к одной или разным линиям флотации) могут быть непосредственно смежными друг с другом. В качестве альтернативы две флотационные камеры могут быть расположены на некотором расстоянии друг от друга и соединены через трубу, канал или другие средства, известные в данной области техники. Проточное соединение между флотационными камерами может содержать различные механизмы регулирования.

Под соседней, смежной или прилегающей флотационной камерой в настоящем документе подразумевается флотационная камера, которая следует сразу или после любой одной флотационной камеры, либо ниже по потоку, либо выше по потоку, либо в линии первичной флотации, в линии вторичной фло-

тации, либо взаимосвязь между флотационной камерой линии первичной флотации и флотационной камерой линии вторичной флотации, в которую направлен верхний продукт из флотационной камеры линии первичной флотации.

Под флотационной камерой в настоящем документе подразумевается резервуар или сосуд, в котором выполняется стадия процесса флотации. Флотационная камера обычно имеет цилиндрическую форму, причем форма определяется наружной стенкой или наружными стенками. Флотационные камеры обычно имеют круглое поперечное сечение. Как известно специалисту в данной области техники, флотационные камеры также могут иметь многоугольное, например прямоугольное, квадратное, треугольное, шестиугольное или пятиугольное или иное, радиально-симметричное сечение. Количество флотационных камер может варьироваться в зависимости от конкретной схемы флотации и/или операции для обработки определенного типа и/или сорта руды. В связи со способом флотации, выполненным в соответствии с настоящим изобретением, под стадией флотации в настоящем документе подразумевается процесс флотации, происходящий в одной флотационной камере.

Флотационная камера может представлять собой камеру пенной флотации, такую как камера с механическим перемешиванием или резервуарная камера, камера колонной флотации, флотомашинная Джеймсона или вдвоенная флотационная камера. В вдвоенной флотационной камере камера содержит по меньшей мере два отдельных резервуара: первый резервуар высокого давления с механическим перемешиванием с импеллером и впускным отверстием для флотационного газа и второй резервуар с выпускным отверстием для хвостов и выпускным отверстием для пены верхнего продукта, выполненный с возможностью получения перемешанной пульпы из первого резервуара.

Флотационная камера также может представлять собой переливную флотационную камеру, работающую с постоянным верхним продуктом пульпы. В переливной флотационной камере пульпу обрабатывают путем введения пузырьков флотационного газа в пульпу и создания непрерывного восходящего потока пульпы в вертикальном направлении первой флотационной камеры. По меньшей мере часть частиц руды, содержащей ценный металл, прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх благодаря плавучести, по меньшей мере часть частиц руды, содержащей ценный металл, прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке пульпы, и по меньшей мере часть частиц руды, содержащей ценный металл, поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке пульпы. Частицы руды, содержащей ценные металлы, извлекаются путем создания непрерывного восходящего потока пульпы из по меньшей мере одной переливной флотационной камеры в виде верхнего продукта пульпы. Поскольку переливная камера работает практически без глубины пены или слоя пены, фактически на поверхности пульпы, в верхней части флотационной камеры не образуется пенная зона. Пена в камере может быть прерывистой. Результатом этого является то, что более ценные минеральные частицы могут быть вовлечены в поток концентрата и общее извлечение ценного материала может быть увеличено.

В зависимости от своего типа флотационная камера может содержать импеллер для перемешивания пульпы, чтобы поддерживать ее во взвешенном состоянии. Под импеллером в настоящем документе подразумевается любое подходящее средство для перемешивания пульпы во флотационной камере. Импеллер может представлять собой механическую мешалку. Механическая мешалка может содержать ротор-статор с двигателем и приводным валом, причем конструкция ротор-статора расположена в нижней части флотационной камеры. Камера может иметь вспомогательные импеллеры, расположенные выше в вертикальном направлении камеры, чтобы обеспечить достаточно сильный и непрерывный восходящий поток пульпы.

Под верхним продуктом в настоящем документе подразумевается та часть пульпы, которая собирается в переливной желоб флотационной камеры и, таким образом, покидает флотационную камеру. Верхний продукт может содержать пену, пену и пульпу или в некоторых случаях только или по большей части пульпу. В некоторых вариантах выполнения верхний продукт может представлять собой получаемый поток, содержащий частицы ценного материала, собранные из пульпы. В других вариантах выполнения верхний продукт может представлять собой отходящий поток. Это тот случай, когда процесс флотации, флотационная установка и/или способ используются с обратной флотацией.

Под нижним продуктом в настоящем документе подразумевается фракция или часть пульпы, которая не всплывает на поверхность пульпы в процессе флотации. В некоторых вариантах выполнения нижний продукт может представлять собой отходящий поток, выходящий из флотационной камеры через выпускное отверстие, которое обычно расположено в нижней части флотационной камеры. В конце концов, нижний продукт из последней флотационной камеры линии флотации или флотационной установки может оставлять все устройство в виде хвостов или окончательных отходов флотационной установки. В некоторых вариантах выполнения нижний продукт может представлять собой получаемый поток, содержащий ценные минеральные частицы. Это тот случай, когда флотационное устройство, установка и/или способ используются с обратной флотацией.

Под обратной флотацией в настоящем документе подразумевается процесс обратной флотации, обычно используемый для извлечения железа. В этом случае процесс флотации направлен на сбор незначимой части потока пульпы в верхний продукт. Верхний продукт в процессе обратной флотации для железа обычно содержит силикаты, тогда как ценные железосодержащие минеральные частицы собираются

в нижнем продукте. Обратную флотацию также можно использовать для промышленных полезных ископаемых, т.е. геологических минералов, добываемых из-за их коммерческой ценности, которые не являются топливом, и источников металлов, таких как бентонит, кремнезем, гипс и тальк.

Под направлением вниз по потоку в настоящем документе подразумевается направление, параллельное потоку пульпы (прямой поток, обозначенный на чертежах стрелками), а под направлением вверх по потоку в настоящем документе подразумевается направление, противоположное потоку пульпы или направленное против него.

Под концентратом в настоящем документе подразумевается плавающая часть или фракция пульпы частиц руды, содержащей ценный минерал. Первый концентрат может содержать частицы руды, содержащие один ценный минерал, тогда как второй концентрат может содержать частицы руды, содержащие другой ценный минерал. В качестве альтернативы отличительные определения "первый", "второй" могут относиться к двум концентратам частиц руды, включающим один и тот же ценный минерал, но два четко различающихся распределения частиц по размеру.

Под основной обработкой и/или последующей обработкой и/или дополнительной обработкой подразумеваются, например, измельчение, истирание, разделение, просивание, классификацию, разделение на фракции, зачистку или очистку, которые все являются обычными процессами, известными специалисту в данной области техники. Дальнейшая обработка может также включать по меньшей мере одно из следующего: дополнительную камеру вторичной флотации, которая может представлять собой традиционную камеру перемешивания флотации, восстановительную камеру, узел основной флотации или камеру контрольной флотации.

В одном варианте выполнения флотационной установки флотационная камера первой линии вторичной флотации и/или флотационная камера дополнительной линии вторичной флотации находятся в непосредственном проточном сообщении с первой камерой первичной флотации, из которой они выполнены с возможностью получать верхний продукт.

Под непосредственным проточным сообщением в настоящем документе подразумевается, что любые две соседние или смежные или примыкающие флотационные камеры соединены таким образом, что отсутствуют какие-либо дополнительные технологические стадии, такие как измельчение, осуществляемые между любыми двумя флотационными камерами или стадиями флотации. Это не следует путать с приведенным выше определением непосредственного соединения камер.

В некоторых случаях традиционного процесса пенной флотации верхний продукт первой флотационной камеры может быть первоначально направлен в стадию повторного измельчения или в другую дополнительную стадию обработки, прежде чем он будет направлен в камеру вторичной флотации.

Во флотационном устройстве, установке и способе, которые выполнены в соответствии с настоящим изобретением, такая дополнительная стадия обработки может быть исключена, при этом камера первичной флотации, из которой верхний продукт направляется в камеру вторичной флотации, и сама эта камера вторичной флотации могут, таким образом, находиться в непосредственном проточном сообщении друг с другом. Аналогичное непосредственное проточное сообщение может быть также осуществлено между любыми двумя другими флотационными камерами флотационного устройства.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из линии вторичной флотации может протекать в камеру первичной флотации, после которой в линии первичной флотации имеются по меньшей мере еще две камеры первичной флотации.

При таком типе флотации можно обеспечить высокую степень извлечения частиц руды, содержащих ценный минерал, все еще присутствующий в пульпе.

В одном варианте выполнения флотационного устройства линия первичной флотации содержит по меньшей мере три камеры первичной флотации или от 3 до 10 флотационных камер или от 4 до 7 флотационных камер.

Наличие достаточного количества камер первичной флотации позволяет получать высокосортную часть концентрата и в одновременно обеспечивать высокую степень извлечения требуемого ценного минерала во всей линии первичной флотации, не допуская тем самым попадания какого-либо ценного минерала в поток хвостов. Максимально возможное количество частиц руды, содержащих ценный минерал, может быть плавучим, сводя при этом к минимуму требуемую энергию перекачки для достижения этой цели.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первая линия вторичной флотации содержит от 1 до 4 камер вторичной флотации или от 1 до 2 камер вторичной флотации или одну камеру вторичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства дополнительная линия вторичной флотации содержит от 1 до 4 камер вторичной флотации или от 1 до 3 камер вторичной флотации или от 1 до 2 камер вторичной флотации.

Даже небольшого количества камер вторичной флотации может быть достаточно для очистки верхнего продукта, поступившего из камер первичной флотации, до разумного уровня, т.е. для повышения содержания концентрата, извлеченного из линии первичной флотации. Нижний продукт даже из небольшого количества камер вторичной флотации имеет достаточно большой объем, так что он может

быть отправлен на дополнительную обработку в линию первичной флотации для дальнейшего увеличения извлечения.

В одном варианте выполнения флотационного устройства количество камер вторичной флотации, расположенных последовательно в дополнительной линии вторичной флотации, такое же или больше количества расположенных последовательно камер вторичной флотации в первой линии вторичной флотации.

Верхний продукт из камеры или камер первичной флотации, направленный в первую линию вторичной флотации, может иметь более высокое качество (т.е. более высокую сортность), чем верхний продукт из более поздних камер первичной флотации, направленный в дополнительную линию вторичной флотации. От указанной дополнительной линии вторичной флотации может тем самым потребоваться больший объем для эффективной обработки пульпы. Кроме того, чрезмерная обработка в первой линии вторичной флотации может привести к увеличению требований к перекачке, что приведет к нежелательному увеличению потребления энергии. Эффект от такого варианта выполнения заключается в том, что при минимальной перекачке для нагнетания потоков пульпы по меньшей мере часть концентрата может быть извлечена с очень высокой сортностью.

В одном варианте выполнения флотационного устройства дополнительная линия вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из 1-3 камер первичной флотации или из 1 и 2 камер первичной флотации.

Таким образом, верхние продукты из различных камер первичной флотации не смешиваются до очень высокой степени. Затем каждый верхний продукт может быть обработан наилучшим из возможных способов, чтобы обеспечить достаточную обработку, причем для получения высокосортного концентрата требуется только небольшое количество камер вторичной флотации, действующих в качестве восстановительных камер.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первая флотационная камера первой линии вторичной флотации имеет больший объем, чем первая флотационная камера дополнительной линии вторичной флотации.

Первые камеры первичной флотации в своем верхнем продукте могут иметь более высокосортный концентрат, чем более поздние камеры в линии первичной флотации. Верхние продукты из этих более поздних камер первичной флотации могут затем быть обработаны во флотационных камерах меньшего размера, что, таким образом, сокращает время флотации. Такой тип конструкции может обеспечить более высокосортный концентрат также и из дополнительной линии вторичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первая камера первичной флотации имеет объем, равный по меньшей мере 100 м^3 , или по меньшей мере 500 м^3 , или по меньшей мере 1000 м^3 .

В одном варианте выполнения флотационного устройства вторая камера первичной флотации имеет объем, равный по меньшей мере 100 м^3 , или по меньшей мере 300 м^3 , или по меньшей мере 500 м^3 .

Использование флотационных камер с объемным размером не менее 400 м^3 увеличивает вероятность столкновений между пузырьками газа, созданными во флотационных камерах, например, с помощью ротора, и частицами, содержащими ценный минерал, улучшая тем самым степень извлечения ценного минерала, а также общую эффективность флотационного устройства. Флотационные камеры большего размера имеют более высокую селективность, поскольку может происходить большее количество столкновений между пузырьками газа и частицами руды из-за более длительного времени пребывания пульпы во флотационной камере. Поэтому большинство частиц руды, содержащих ценный минерал, могут всплывать. Кроме того, оседание плавучих частиц руды может быть выше, что означает, что частицы руды, содержащие очень небольшое количество ценного минерала, падают обратно на дно флотационной камеры. Таким образом, сортность верхнего продукта и/или концентрата из флотационных камер большего размера может быть выше. Эти типы камер первичной флотации действуют как своего рода камеры основной флотации, обеспечивающие высокую сортность, тогда как более поздние флотационные камеры в линии первичной флотации действуют несколько аналогично традиционным камерам печистной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объем второй камеры первичной флотации равен объему первой камеры первичной флотации или меньше, чем объем первой камеры первичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства флотационная камера первой линии вторичной флотации, проточно сообщающаяся с камерой первичной флотации, имеет объем от 100 до 1000 м^3 или объем от 400 до 1000 м^3 .

Использование флотационных камер с объемным размером не менее 400 м^3 увеличивает вероятность столкновений между пузырьками газа, созданными во флотационных камерах, например, с помощью ротора, и частицами, содержащими ценный минерал, улучшая тем самым степень извлечения ценного минерала, а также общую эффективность флотационного устройства. Как упомянуто выше, флотационные камеры большего размера имеют более высокую селективность, поскольку может происходить большее количество столкновений между пузырьками газа и частицами руды из-за более длительного времени пребывания пульпы во флотационной камере. Поэтому большинство частиц руды, содержащих ценный ми-

нерал, могут всплывать. Кроме того, оседание плавучих частиц руды может быть выше, что означает, что частицы руды, содержащие очень небольшое количество ценного минерала, падают обратно на дно флотационной камеры. Таким образом, сортность верхнего продукта и/или концентрата из флотационных камер большего размера может быть выше.

В одном варианте выполнения флотационного устройства флотационная камера дополнительной линии вторичной флотации, проточно сообщаемая с камерой первичной флотации, имеет объем от 100 до 1000 м³ или объем от 300 до 1000 м³.

Использование флотационных камер с объемным размером не менее 300 м³ увеличивает вероятность столкновений между пузырьками газа, созданными во флотационных камерах, например, с помощью ротора, и частицами, содержащими ценный минерал, улучшая тем самым степень извлечения ценного минерала, а также общую эффективность флотационного устройства.

В устройстве, в котором имеется линия вторичной флотации, очищающая верхний продукт камеры первичной флотации, и в котором нижний продукт из этой линии вторичной флотации направляется обратно в более позднюю камеру первичной флотации ниже по потоку, в верхнем продукте из камеры первичной флотации важно получить более высокую сортность, чем получить высокую степень извлечения рудных частиц, содержащих ценный минерал. Это связано с тем, что нижний продукт из линии вторичной флотации может быть повторно обработан в линии первичной флотации, где затем извлекаются любые оставшиеся частицы руды, содержащие ценный минерал. Тогда как некоторое количество ценного материала направляется обратно в линию первичной флотации, энергия, необходимая для перекачки нижнего продукта обратно в линию первичной флотации, не имеет решающего значения, поскольку более поздние камеры первичной флотации гарантируют, что извлечение будет выполнено. Поэтому могут быть использованы очень большие флотационные камеры объемом до 1000 м³. Использование флотационных камер размером более 1000 м³ не является предпочтительным, поскольку в такой большой камере трудно добиться эффективного перемешивания. Без эффективного перемешивания частицы руды, содержащие относительно небольшое количество ценного минерала, падают обратно на дно флотационной камеры, что отрицательно влияет на степень извлечения.

При использовании флотационного устройства, выполненного в соответствии с вышеупомянутыми вариантами выполнения, может быть возможным создавать или извлекать по меньшей мере некоторую часть концентрата с очень высоким содержанием.

Когда первые камеры первичной флотации имеют относительно большой объем, в больших последующих флотационных камерах может и не быть необходимости, но, скорее, камеры (первичной или вторичной) флотации ниже по потоку от первой камеры или камер первичной флотации могут быть меньше по размеру и, следовательно, более эффективными. В процессах флотации некоторых минералов значительная часть частиц руды, содержащих ценный минерал с высокой сортностью, может легко всплывать. В этом случае ниже по потоку в линии первичной флотации возможно иметь флотационные камеры меньшего объема и при этом достигать высокой степени извлечения.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объем флотационной камеры первой линии вторичной флотации, проточно сообщаемой с по меньшей мере одной камерой первичной флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации или от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объем флотационной камеры дополнительной линии вторичной флотации, проточно сообщаемой с по меньшей мере одной камерой первичной флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации, или от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации.

В таких вариантах выполнения часть концентрата производится с высокой сортностью. Когда флотационные камеры линии или линий вторичной флотации меньше, время пребывания частиц руды внутри флотационной камеры меньше, т.е. меньше времени для флотации требуемого концентрата.

Таким образом, полученный таким образом концентрат имеет более высокую сортность.

Строительство флотационной камеры или камер линий вторичной флотации в направлении потока пульпы, меньшей(их), чем размер флотационной камеры или камер в блоке первичной флотации, может обеспечить повышение эффективности. Эффект может быть особенно выражен, если флотационная камера или флотационные камеры в линии вторичной флотации по меньшей мере на 10% меньше, чем в линии первичной флотации. Например, возможно, что указанная по меньшей мере одна флотационная камера линии вторичной флотации по меньшей мере на 20 или 30% меньше, чем указанная по меньшей мере одна флотационная камера линии первичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы перемещается под действием силы тяжести, или с помощью одного или нескольких насосов с низким напором, или под действием силы тяжести и с помощью одного или нескольких насосов с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы в камеру вторичной флотации и/или из нее перемещается под действием силы тяжести, или с помощью одного или нескольких

насосов с низким напором, или под действием силы тяжести и с помощью одного или нескольких насосов с низким напором.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы в две камеры вторичной флотации и/или из них перемещается под действием силы тяжести, или с помощью одного или нескольких насосов с низким напором, или под действием силы тяжести и с помощью одного или нескольких насосов с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первичный верхний продукт из камеры первичной флотации перемещается под действием силы тяжести или же первичный верхний продукт из по меньшей мере двух камер первичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения флотационного устройства верхний продукт из камеры вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести или же верхний продукт из по меньшей мере двух камер вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения флотационного устройства верхний продукт из каждой камеры вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из камеры первичной флотации перемещается под действием силы тяжести или же нижний продукт из по меньшей мере двух камер первичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из камеры вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести или же нижний продукт из по меньшей мере двух камер вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из каждой камеры первичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из каждой камеры вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

Благодаря тому что поток пульпы перемещается под действием силы тяжести, может быть достигнута экономия потребления энергии, поскольку для перекачки пульпы вниз по потоку не требуется дополнительной перекачки.

Избегая энергоемкой перекачки во флотационном устройстве, можно добиться значительной экономии энергии, одновременно обеспечивая эффективное извлечение ценного минерального материала из низкосортных руд, т.е. содержащих слишком мало ценного минерала для начала процесса. Может быть возможно получить некоторую часть высокосортного концентрата, но в то же время иметь хорошее полное извлечение требуемого ценного минерала. Только незначительное количество ценного минерала может попасть в поток хвостов.

Настоящее изобретение направлено на улучшение процесса извлечения минералов при одновременном снижении энергопотребления процесса. Это стало возможным благодаря использованию внутренних потоков пульпы в процессе, т.е. путем перемещения потока пульпы на повторную обработку в нижние по потоку флотационные камеры. Благодаря организации процесса флотации таким образом, можно направлять поток пульпы под действием силы тяжести, или только путем перекачки с низкой мощностью, или с помощью подходящего сочетания этих двух способов. Например, можно управлять потоком пульпы с помощью насоса с низким напором или под действием силы тяжести, когда нижний продукт из линии вторичной флотации может протекать в последнюю из камер первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или в камеру первичной флотации ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первичный верхний продукт из камеры первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором или же первичный верхний продукт из по меньшей мере двух камер первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства верхний продукт из камеры вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором или верхний продукт из по меньшей мере двух камер вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства верхний продукт из каждой камеры вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из камеры первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором или же нижний продукт из по меньшей мере двух камер первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из камеры вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором или же нижний продукт из по меньшей мере двух камер вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из каждой камеры первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из каждой камеры вто-

ричной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

Под насосом с низким напором в настоящем документе подразумевается насос любого типа, создающий низкое давление для перемещения потока пульпы вниз по потоку. Как правило, насос с низким напором создает максимальный напор до 1,0 м, т.е. может использоваться для перемещения потока пульпы между двумя смежными флотационными камерами с разницей в уровне поверхности пульпы менее 30 см. Насос с низким напором обычно может иметь рабочее колесо для создания осевого потока.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт между двумя камерами первичной флотации перемещается под действием силы тяжести, верхний продукт из двух камер первичной флотации может протекать к различным линиям вторичной флотации, а уровень поверхности пульпы в указанных камерах первичной флотации различен.

Под уровнем поверхности пульпы в настоящем документе подразумевается высота поверхности пульпы внутри флотационного резервуара, измеренная от дна флотационной камеры до переливной кромки флотационной камеры. Фактически высота пульпы равна высоте переливной кромки флотационной камеры, измеренной от дна флотационной камеры до переливной кромки флотационной камеры. Например, любые две последующие флотационные камеры могут быть расположены в линии флотации ступенчатым образом, так что уровень поверхности пульпы таких флотационных камер отличается (т.е. уровень поверхности пульпы первой из таких флотационных камер выше, чем уровень поверхности пульпы второй из таких флотационных камер). Это различие в уровнях поверхности пульпы определяется в настоящем документе как "ступенька" между любыми двумя последующими флотационными камерами. Ступенька или разность уровней поверхности пульпы - это разница, позволяющая потоку пульпы перемещаться под действием силы тяжести или силы гравитации, создавая гидростатический напор между двумя последовательными флотационными камерами.

В одном варианте выполнения флотационного устройства верхний продукт из по меньшей мере одной камеры первичной флотации, в которую направлен нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации, может протекать в последующую стадию обработки.

Под последующей обработкой в настоящем документе подразумевается любая подходящая стадия процесса, такая как стадия измельчения или стадия добавления химических реагентов, или любая другая стадия процесса, обычно используемый в связи с флотационным устройством и известный специалисту в данной области техники.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объединенный верхний продукт из указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации, в которую направлен нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации, и из по меньшей мере одной камеры первичной флотации, расположенной ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной флотационной камеры, в которую направлен нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации, может протекать в дополнительную стадию обработки.

В одном варианте выполнения флотационного устройства дополнительная стадия обработки включает стадию измельчения.

Стадия измельчения может содержать по меньшей мере одну мельницу которая может быть любой подходящей мельницей, известной специалисту в данной области техники.

В одном варианте выполнения флотационного устройства дополнительная стадия обработки содержит дополнительную камеру вторичной флотации, проточно сообщающуюся с по меньшей мере одной камерой первичной флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере одной камеры первичной флотации. Нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации может протекать в камеру первичной флотации выше по потоку от указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или с возможностью выгрузки из флотационного устройства.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства дополнительная камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере двух камер первичной флотации или из по меньшей мере трех камер первичной флотации.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства дополнительная камера вторичной флотации расположена ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной первой линии вторичной флотации и указанной по меньшей мере одной дополнительной линии вторичной флотации.

Дополнительная камера вторичной флотации может действовать как восстановительная камера. Фактически этот тип устройства может препятствовать попаданию частиц руды, содержащих ценный минерал, в поток хвостов, дополнительно обеспечивая тем самым хорошее извлечение требуемого концентрата.

Используя дополнительную камеру вторичной флотации, можно обеспечить извлечение всего доступного ценного минерала из потока пульпы линии первичной флотации в верхний продукт или концентрат. Потеря частиц руды, содержащих ценный минерал, может быть сведена к минимуму, что дополнительно повышает эффективность извлечения из флотационного устройства и флотационной установки. Аналогичным образом при использовании флотационного устройства в обратной флотации в нижнем продукте из линии первичной флотации может быть извлечено как можно больше частиц руды, содер-

жащих ценный материал. Нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации также может быть направлен в контур или стадию повторного измельчения для обеспечения извлечения частиц руды, содержащих ценный минерал, из этого потока пульпы.

Благодаря обеспечению пропускания нижнего продукта из дополнительной камеры вторичной флотации в камеру первичной флотации, расположенную выше по потоку, можно сделать работу флотационной установки еще более эффективной, поскольку нижний продукт возвращается обратно в начало линии первичной флотации, обеспечивая, таким образом, извлечение как можно большего количества ценного материала. Кроме того, необходимость в перекачке может быть одновременно уменьшена, поскольку нижние продукты из линий вторичной флотации становятся эффективно повторно обработанными. После этой операции с дополнительной камерой вторичной флотации, действующей в качестве восстановительной камеры, значительная часть частиц руды, содержащая ценный минерал, может фактически всплывать. Из линии первичной флотации в том месте, откуда уже был удален высокосортный концентрат, все еще может быть собрано достаточное количество первичного верхнего продукта для эффективного удаления требуемого концентрата. Кроме того, нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации может быть направлен в дополнительную стадию обработки. Нижний продукт может быть особенно подходящим для дополнительной стадии измельчения.

Под дополнительной камерой вторичной флотации в настоящем документе подразумевается флотационная камера, из которой верхний продукт направляется из флотационного устройства, например, непосредственно в дополнительную стадию обработки, такую как стадия измельчения или стадия вспенивания, а не обратно в расположенные ниже по потоку флотационные камеры линии первичной флотации, как это сделано в связи с камерами вторичной флотации. Другими словами, верхний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации не направляется ни в камеру первичной флотации, из которой был получен верхний продукт для этой перемешивающей камеры, ни в камеру первичной флотации ниже по потоку. Нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации может быть направлен обратно вверх по потоку, в первую флотационную камеру линии первичной флотации, или в камеру первичной флотации выше по потоку от камеры первичной флотации, из которой был получен верхний продукт в дополнительную камеру вторичной флотации, или из флотационного устройства либо в виде потока хвостов, направляемого на дальнейшую обработку снаружи флотационного устройства, например, повторное измельчение, либо в виде питания в другое флотационное устройство для извлечения дополнительного концентрата.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из второй флотационной камеры линии вторичной флотации может протекать в камеру первичной флотации ниже по потоку от камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт.

В дополнительном варианте выполнения флотационного устройства имеется одна камера первичной флотации, расположенная между последней камерой первичной флотации, из которой первичный верхний продукт был получен линией вторичной флотации, и камерой первичной флотации, в которую может протекать нижний продукт из второй камеры вторичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из первой флотационной камеры дополнительной линии вторичной флотации может протекать в камеру первичной флотации ниже по потоку от последней камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт в линию вторичной флотации.

Фактически любая перекачка, необходимая для управления потоком пульпы, может быть сведена к минимуму, пока пульпа все еще проходит несколько стадий обработки во флотационном устройстве. Кроме того, фракции пульпы с аналогичными или одинаковыми свойствами могут быть объединены для дополнительной обработки. Первичный нижний продукт, объединенный со вторичным нижним продуктом, может иметь очень похожие свойства, например, количество частиц руды, все еще содержащих ценный минерал, или частиц руды с одинаковым распределением по размеру. Таким образом, операция процесса флотации может быть оптимизирована.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из каждой камеры вторичной флотации, непосредственно проточно сообщаемой с камерой первичной флотации, может протекать в расположенную ниже по потоку камеру первичной флотации.

Поскольку в линии флотации этого типа ступеньки отсутствуют, возможно максимально увеличить использование силы тяжести для перемещения потока пульпы.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первичный верхний продукт из камеры первичной флотации может протекать в две параллельные камеры вторичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства флотационное устройство содержит две линии первичной флотации, а первая линия вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта из первых камер первичной флотации обеих линий первичной флотации.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства дополнительная линия вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта из вторых камер первичной флотации обеих линий первичной флотации.

В таких устройствах может быть возможно иметь больший объем входящего потока пульпы в ли-

нию вторичной флотации. Поэтому может быть целесообразным использовать флотационные камеры большего объема также и в линии вторичной флотации, причем преимущества, в основном связанные с эффективностью, уже упоминались ранее в этом описании.

В одном варианте выполнения флотационного устройства камеры первичной флотации и/или камеры вторичной флотации содержат камеры пенной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства во флотационную камеру, где пульпа разделяется на верхний продукт и нижний продукт, подают флотационный газ.

В дополнительном варианте выполнения флотационного устройства флотационный газ подают в подготовительную флотационную камеру, в которой установлен импеллер.

Под подготовительной флотационной камерой в настоящем документе подразумевается флотационный резервуар, в котором пульпа может быть подготовлена для флотации, обычно путем введения флотационного газа и с помощью механического перемешивания, перед тем как пульпа будет направлена во второй резервуар, где происходит фактический процесс флотации. Подготовительная флотационная камера может, например, представлять собой первый резервуар сдвоенной флотационной камеры, описанной ранее в этом документе.

В одном варианте выполнения флотационного устройства частицы минеральной руды содержат Cu, или Zn, или Fe, или пирит, или сульфид металла, такой как сульфид золота.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства предназначен в соответствии с изобретением, в частности, для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из низкосортной руды.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства предназначен в соответствии с изобретением для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из низкосортной руды.

В одном варианте выполнения флотационной установки установка содержит по меньшей мере два или по меньшей мере три флотационных устройства, выполненных в соответствии с изобретением.

В одном варианте выполнения флотационной установки установка содержит по меньшей мере одно флотационное устройство для извлечения первого концентрата и по меньшей мере одно флотационное устройство для извлечения второго концентрата.

В одном варианте выполнения флотационной установки флотационные камеры линии первичной флотации указанного по меньшей мере одного флотационного устройства для извлечения первого концентрата и флотационные камеры линии первичной флотации указанного по меньшей мере одного флотационного устройства для извлечения второго концентрата расположены последовательно.

В одном варианте выполнения флотационной установки установка дополнительно содержит устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат отличается от первого концентрата.

В одном варианте выполнения флотационной установки устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит стадию измельчения, расположенную между первым флотационным устройством и вторым флотационным устройством.

В этом случае второй концентрат, извлеченный из второго флотационного устройства, может иметь такой же минералогический состав, что и первый концентрат, извлеченный из первого флотационного устройства, но распределение частиц по размеру в пульпе, направляемой во второе флотационное устройство после стадии измельчения, может быть разным.

В одном варианте выполнения флотационной установки установка для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит устройство для добавления флотореагентов, расположенное между первым флотационным устройством и вторым флотационным устройством.

В этом случае второй концентрат, извлеченный из второго флотационного устройства, может иметь минералогический состав, отличающийся от минералогического состава первого концентрата, извлеченного из первого флотационного устройства, при этом применение используемых флотационных химических веществ определяется естественным образом требуемым ценным минералом, предназначенным для извлечения вторым флотационным устройством.

В одном варианте выполнения флотационной установки линия первичной флотации содержит 10 камер первичной флотации, при этом верхний продукт из последней из камер первичной флотации может протекать в линию вторичной флотации, содержащую дополнительную камеру вторичной флотации, при этом нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации может протекать обратно в 1-4 первые флотационные камеры линии первичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационной установки флотационное устройство предназначено для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, и/или Zn, и/или пирит, и/или металл из сульфида, такой как золото.

В одном варианте выполнения флотационной установки флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из низкосортной руды.

Например, при извлечении меди из низкосортных руд, полученных из бедных залежей минеральной руды, количество меди может составлять всего 0,1% от массы входящего потока, т.е. входящего потока пульпы во флотационное устройство. Флотационное устройство, выполненное в соответствии с изобре-

тием, может быть очень практичным для извлечения меди, поскольку медь является так называемым легко всплывающим минералом. При выделении частиц руды, содержащих медь, может быть возможным получить относительно высокую сортность из первых камер первичной флотации без какой-либо дополнительной перекачки между флотационными камерами.

Благодаря использованию флотационного устройства, выполненного в соответствии с настоящим изобретением, извлечение таких низких количеств ценного минерала, например меди, может быть эффективно увеличено, и даже бедные месторождения используются экономически эффективно. Поскольку известные богатые месторождения с возрастающей степенью уже использованы, существует осязаемая потребность в переработке и менее благоприятных месторождений, которые ранее могли остаться необработанными из-за отсутствия подходящей технологии и процессов для извлечения ценного материала при очень низких количествах его в руде.

В дополнительном варианте выполнения флотационной установки флотационное устройство предназначено для извлечения Fe путем обратной флотации.

При обратной флотации частицы минеральной руды, содержащие нежелательный материал, удаляются из пульпы путем обеспечения пузырькам газа возможности прилипать к этим частицам и удаления их из флотационной камеры в верхнем продукте, тогда как ценный минеральный материал, содержащий частицы руды, извлекается в нижнем продукте, инвертируя таким образом обычный получаемый поток флотации в верхний продукт и отходящий поток флотации в нижний продукт. Как правило, при обратной флотации железа в управлении процессом флотации значительные проблемы может вызвать большой выход не представляющей никакой ценности материала, чаще всего силикатов. Некоторые частицы минеральной руды, содержащие ценный Fe, неизбежно попадают в верхний продукт (особенно мелкие, легкие частицы). Путем направления этого верхнего продукта в линию вторичной флотации для повторной обработки, по меньшей мере некоторые частицы минеральной руды, содержащие Fe, могут быть перенаправлены в нижний продукт линии вторичной флотации и, таким образом, извлечены.

Аналогичным образом обработка пульпы для извлечения таких промышленных минералов, как бентонит, диоксид кремния, гипс или тальк, может быть улучшена путем использования обратной флотации таким же образом, что и для Fe. При извлечении промышленных полезных ископаемых целью флотации может быть, например, удаление темных частиц в отходящий верхний продукт и извлечение белых частиц в получаемом нижнем продукте. В процессе такого рода некоторые более легкие, более мелкие белые частицы могут попасть в верхний продукт. Эти частицы могут быть эффективно извлечены с использованием изобретения, выполненного в соответствии с настоящим описанием.

В одном варианте выполнения способа флотации пульпу подвергают по меньшей мере трем стадиям первичной флотации или от 3 до 10 стадий первичной флотации или от 4 до 7 стадий первичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации по меньшей мере один первичный верхний продукт направляют в 1-4 первые стадии вторичной флотации или в 1 и 2 первые стадии вторичной флотации или в одну первую стадию вторичной флотации.

Под стадией вторичной флотации в настоящем документе подразумевается процесс флотации, происходящий во флотационной камере линии вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации указанный по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт направляют в 1-4 вторые стадии вторичной флотации или в 1 и 2 вторые стадии вторичной флотации или в одну вторую стадию вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации поток пульпы направляют из одной стадии флотации в последующую стадию флотации под действием силы тяжести или с помощью одного или нескольких насосов с низким напором, или под действием силы тяжести и с помощью одного или нескольких насосов с низким напором.

В одном варианте выполнения способа флотации по меньшей мере один первичный верхний продукт направляют в по меньшей мере одну стадию дополнительной обработки.

В одном варианте выполнения способа флотации стадия дополнительной обработки включает стадию измельчения.

В одном варианте выполнения способа флотации указанная по меньшей мере одна стадия дополнительной обработки включает стадию дополнительной вторичной флотации. Нижний продукт из указанной по меньшей мере одной стадии дополнительной вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации выше по потоку от указанной по меньшей мере одной стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или наружу из стадий флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации первичный верхний продукт из по меньшей мере двух стадий первичной флотации направляют в стадию дополнительной вторичной флотации, или же первичный верхний продукт из по меньшей мере трех стадий первичной флотации направляют в стадию дополнительной вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации нижний продукт из второй стадии вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации ниже по потоку от стадии первичной флотации, из которой был направлен верхний продукт во вторую стадию вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации нижний продукт из первой стадии вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации ниже по потоку от последней стадии первичной флотации, из которой был направлен первичный верхний продукт в первую стадию вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации нижний продукт из второй стадии вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации ниже по потоку от последней стадии первичной флотации, из которой был направлен первичный верхний продукт во вторую стадию вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации первичный верхний продукт из стадии первичной флотации направляют в две параллельные стадии вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации применяют пенную флотацию.

Краткое описание чертежей

Прилагаемые чертежи, которые включены для обеспечения дополнительного понимания настоящего изобретения и которые составляют часть данного описания, иллюстрируют варианты выполнения изобретения и вместе с описанием помогают объяснить принципы настоящего изобретения. На чертежах фиг. 1a и 1b иллюстрируют блок-схемы последовательности операций для вариантов выполнения изобретения;

фиг. 1c изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 1a;

фиг. 1d и 1e изображают упрощенные виды, показывающие размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 1a или 1b;

фиг. 2a иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;

фиг. 2b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 2a;

фиг. 2c изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 2a;

фиг. 2d изображает упрощенный вид, показывающий относительное расположение флотационных камер, если смотреть против направления потока линии первичной флотации, показанной на фиг. 2a;

фиг. 3a иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;

фиг. 3b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 3a;

фиг. 3c изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 3a;

фиг. 4a иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;

фиг. 4b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 4a;

фиг. 4c изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 4a;

фиг. 5a иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;

фиг. 5b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 5a;

фиг. 5c изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 5a;

фиг. 6a иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;

фиг. 6b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 6a;

фиг. 6c изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 6a;

фиг. 7a иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;

фиг. 7b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 7a;

фиг. 7c изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 7a;

фиг. 8a иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;

фиг. 8b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 8a;

фиг. 8c изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение фло-

тационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 8а;
 фиг. 9а иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;
 фиг. 9b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 9а;
 фиг. 9с изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 9а;
 фиг. 10а иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;
 фиг. 10b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 10а;
 фиг. 10с изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 10а;
 фиг. 11а иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;
 фиг. 11b изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 11а;
 фиг. 11с изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 11а;
 фиг. 12 иллюстрирует блок-схему для варианта выполнения изобретения;
 фиг. 13а иллюстрирует блок-схему последовательности операций для варианта выполнения изобретения;
 фиг. 13b иллюстрирует блок-схему последовательности операций для другого варианта выполнения изобретения;
 фиг. 14а иллюстрирует блок-схему последовательности операций другого варианта флотационной установки, выполненной в соответствии с вариантом выполнения изобретения;
 фиг. 14b изображает упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть со стороны камер вторичной флотации, показанных на фиг. 14а;
 фиг. 15 изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии флотационного резервуара.

Подробное описание

Теперь будет сделана подробная ссылка на варианты выполнения настоящего изобретения, пример которых проиллюстрирован на прилагаемых чертежах.

Приведенное ниже описание раскрывает некоторые варианты выполнения с такой детализацией, что специалист в данной области техники может использовать устройство, установку и способ на основе настоящего описания. Не все этапы вариантов выполнения обсуждаются подробно, так как многие из этапов будут очевидны для специалиста в данной области техники на основании этого описания.

Ради простоты в последующих иллюстративных вариантах выполнения в случае повторяющихся компонентов номера позиций будут сохраняться.

Приложенные фиг. 1а-13с чертежей иллюстрируют флотационное устройство 1, а фиг. 14а, 14b чертежей схематически иллюстрируют флотационную установку 9. На фиг. 15 флотационная камера представлена в некоторых подробностях. Фигуры чертежей не приведены в пропорциях, при этом многие элементы флотационной камеры, флотационного устройства 1 и флотационной установки 9 для ясности не показаны. Прямое направление потока пульпы показано на чертежах стрелками.

Несмотря на то что флотация раскрывается в последующих примерах со ссылкой главным образом на пенную флотацию, следует отметить, что принципы в соответствии с изобретением могут быть реализованы независимо от конкретного типа флотации, т.е. способ флотации может быть любым из известных самих по себе способов флотации, таких как пенная флотация, флотация растворенным воздухом или флотация индуцированным газом.

Основной принцип работы флотационного устройства 1 представлен на фиг. 1а-1е и фиг. 2а-2d. При прочтении последующего описания ссылка в основном делается на эти фигуры чертежей, если не указано иное.

Для разделения пульпы на нижний продукт 40 и верхний продукт 51а в первую флотационную камеру 110а линии 10 первичной флотации поступает поток пульпы, т.е. входящий поток 11 пульпы, содержащий частицы руды, воду и в некоторых случаях флотореагенты, такие как химические реагенты - собиратели - и флотореагенты, не предназначенные быть собирателями. Типичная флотационная камера 110, 210, 300 представлена на фиг. 15. Флотационная камера может содержать импеллер 78 в форме механической мешалки, как показано на фиг. 15, или любой другой подходящий импеллер для ускорения столкновений между пузырьками флотационного газа и частиц руды. В одном варианте выполнения флотационный газ может подаваться или вводиться во флотационную камеру, где пульпа разделяется на верхний продукт и нижний продукт. В одном варианте выполнения флотационный газ может подаваться в ту часть флотационной камеры, в которой установлен импеллер, т.е. в подготовительную флотационную камеру, предшествующую флотационной камере, в которой частицы руды всплывают и, таким образом, разделяются

на верхний продукт и нижний продукт.

В процессе флотации, в котором используется обычная флотация с использованием флотореагентов, происходит аналогичный процесс пенной флотации: молекулы химического собирателя посредством адсорбции прилипают к поверхностным участкам на частицах руды, имеющих ценный минерал. Ценный минерал действует как адсорбент, тогда как химический собиратель действует как адсорбат. Молекулы химического собирателя на поверхности частицы руды образуют пленку на участках ценного минерала. Молекулы химического собирателя имеют неполярную часть и полярную часть. Полярные части молекул собирателя адсорбируются на поверхностных участках частиц руды, имеющих ценные минералы. неполярные части являются гидрофобными и поэтому отталкиваются от воды. Отталкивание заставляет гидрофобные хвосты молекул собирателя прилипать к пузырькам флотационного газа. Примером флотационного газа является атмосферный воздух, накачиваемый во флотационную камеру. Достаточное количество адсорбированных молекул собирателя на достаточно больших поверхностных участках ценного минерала на частице руды может привести к тому, что частица руды будет прикреплена к пузырьку флотационного газа. Также возможно, что процесс флотации может осуществляться без флотореагентов. Также возможно выполнить процесс флотации как обратную флотацию. Далее большинство примеров раскрыто с точки зрения обычной флотации, если не указано, что примеры конкретно относятся к обратной флотации. Все приведенные варианты выполнения и примеры могут, однако, быть реализованы в процессе обратной флотации.

Частицы руды прикрепляются или прилипают к пузырькам газа, образуя газовые пузырьковые агломераты рудных частиц. Эти агломераты поднимаются на поверхность флотационных камер 110a, 110b, 210a, 210b в самой верхней части камеры благодаря плавучести пузырьков газа, а также благодаря непрерывному восходящему потоку пульпы, который может быть вызван как механическим перемешиванием, так и подачей пульпы в камеру 110a, 110b, 210a, 210b.

Пузырьки газа могут образовывать слой пены. Пена, собранная на поверхности пульпы во флотационной камере 110a, 110b, 210a, 210b, содержащая газовые пузырьковые агломераты рудных частиц, выпускается из флотационной камеры 110a, 110b, 210a, 210b через переливную кромку 76 и в желоб 75. Также возможно, чтобы флотационные камеры использовались в качестве так называемых переливных флотационных камер, в которых на поверхности пульпы не образуется непрерывный когерентный слой пены, но на самом деле пульпа, содержащая частицы руды с ценными минералами, плавающими во флотационной камере, приводится в движение над переливной кромкой 76.

С поверхности пульпы в верхней части камеры 110a, 110b первичной флотации частицы руды, содержащие ценный минерал, перетекают через переливную кромку 76 флотационной камеры для сбора в желоб 75. В случае обратной флотации, естественно, частицы руды, не содержащие ценный минерал, собираются в верхнем продукте, тогда как частицы руды, содержащие ценный минерал, извлекаются с помощью нижнего продукта.

Эта фракция пульпы называется первичным верхним продуктом 51a, 51b. Из камеры 210a, 210b вторичной флотации верхний продукт 50 собирается аналогичным образом. Под переливной кромкой 76 в настоящем документе подразумевается периферийный край флотационной камеры 110a, 110b, 210a, 210b в верхней части камеры, над которой пенный верхний продукт с частицами ценного материала протекает в желоб 75.

Верхний продукт 50 из линий 21, 22 вторичной флотации извлекается в виде первого концентрата 81. Первый концентрат 81 частиц руды, содержащий ценный минерал, находится в форме текучей среды, которая направляется в дополнительные линии или стадии флотации в соответствии с вариантами выполнения изобретения или для другой дополнительной обработки в соответствии с решениями, известными в данной области техники.

Из области, расположенной вблизи дна 71 флотационной камеры, из камеры 110a первичной флотации в виде нижнего продукта 40 выводится порода или часть пульпы, содержащая частицы руды, которые не поднимаются на поверхность пульпы. Нижний продукт 40 подается в последующую камеру 110b первичной флотации, которая получает нижний продукт 40 в виде питания из предыдущей камеры 110a первичной флотации. Пульпа обрабатывается в последующей камере 110b первичной флотации аналогично первой камере 110a первичной флотации способом, хорошо известным специалисту в данной области техники.

Линия 10 первичной флотации может содержать по меньшей мере три камеры 110a-110c первичной флотации (фиг. 3a-3c, 4a-4c). В качестве альтернативы линия 10 первичной флотации может содержать от 3 до 10 камер 110 первичной флотации (на фиг. 5a-10c и 12 представлены варианты выполнения, в которых имеется пять камер 110a-110e первичной флотации, а на фиг. 11a-11c представлен вариант выполнения с шестью камерами 110a-110f первичной флотации). В качестве альтернативы линия 10 первичной флотации может содержать от 4 до 7 камер 110a-110g первичной флотации. Варианты выполнения изобретения, содержащие различное количество флотационных камер в линии 10 первичной флотации, представлены в разделе "Примеры" настоящего описания.

Указанные две камеры 110a, 110b первичной флотации соединены последовательно. Проточное соединение может быть реализовано с помощью трубопровода 500 (трубы или трубки, как показано на

чертежах), так что последовательные камеры первичной флотации расположены на некотором расстоянии друг от друга. В качестве альтернативы две камеры 110a, 110b первичной флотации могут быть непосредственно соединены, так что между двумя флотационными камерами 110a, 110b не требуется отдельного трубопровода (не показано на чертежах). В вариантах выполнения изобретения, в которых линия 10 первичной флотации содержит более двух камер 110a-110f первичной флотации, все соседние или последующие флотационные камеры линии флотации могут быть расположены в проточном соединении с трубопроводами 500, расположенными между флотационными камерами для направления нижнего продукта 40 из одной флотационной камеры в последующую флотационную камеру. В качестве альтернативы все флотационные камеры 110a-110f могут быть расположены в непосредственном соединении камер с соседними флотационными камерами. В качестве альтернативы некоторые из соседних флотационных камер 110a-110f могут быть расположены в непосредственном соединении с соседними флотационными камерами, тогда как другие соседние флотационные камеры могут иметь трубопровод 500 для осуществления проточного соединения. Расположение и конструкция линии 10 первичной флотации могут зависеть от общих требований процесса и от физического расположения флотационного устройства 1.

Кроме того, флотационная камера 210a первой линии 21 вторичной флотации, а также флотационная камера 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном проточном соединении с первой камерой 110a, 110b первичной флотации, из которой камера 210a, 210b вторичной флотации получает верхний продукт 51a, 51b, т.е. отсутствуют какие-либо дополнительные стадии обработки, такие как стадия измельчения или стадия кондиционирования, расположенные между линией 10 первичной флотации и линиями 21, 22 вторичной флотации.

Из последней флотационной камеры 110b линии 10 флотации нижний продукт 40' (который может представлять собой отходящий поток при обычной флотации или получаемый поток при обратной флотации) выводится из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, который может быть дополнительно обработан любым подходящим способом, известным в данной области техники.

Первая флотационная камера 110a линии 10 первичной флотации имеет объем, равный по меньшей мере 100 м^3 . В качестве альтернативы первая камера 100a первичной флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 500 м^3 . В качестве альтернативы первая камера 110a первичной флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 1000 м^3 .

Объем второй камеры 110b первичной флотации или любой одной из последующих камер 110b-110f первичной флотации ниже по потоку от первой камеры 100a первичной флотации составляет по меньшей мере 100 м^3 . В качестве альтернативы вторая камера 110b первичной флотации или любая из последующих камер 110b-110f первичной флотации ниже по потоку от первой камеры 100a первичной флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 300 м^3 . В качестве альтернативы вторая камера 110b первичной флотации или любая из последующих камер 110b-110f первичной флотации ниже по потоку от первой камеры 100a первичной флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 500 м^3 .

В вариантах выполнения изобретения вторая камера 110b первичной флотации, некоторые из вторых камер 110b-110f первичной флотации могут иметь объем, равный объему первой камеры 110a первичной флотации. В вариантах выполнения изобретения вторая камера 110b первичной флотации, некоторые из вторых камер 110b-110f первичной флотации или все вторые камеры 110b-110f первичной флотации могут иметь объем, меньший чем объем первой камеры 110a первичной флотации (см. фиг. 10a-10c).

Первичный верхний продукт 51a из первой камеры 110a первичной флотации направляется в первую линию 21 вторичной флотации. Первая камера (д.б. "линия") вторичной флотации содержит по меньшей мере одну камеру 210a вторичной флотации, которая непосредственно проточно сообщается с по меньшей мере одной первой камерой 110a первичной флотации. Первая камера 210a вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51a из указанной по меньшей мере одной первой камеры 110a первичной флотации в виде входящего потока для извлечения первого концентрата 81, содержащего частицы руды с ценным минералом или минералами. Первая камера 210a вторичной флотации, как и любая другая камера вторичной флотации, работает на стандартных принципах флотации, как описано ранее в этом описании. Верхний продукт 50 из первой камеры вторичной флотации собирается в виде первого концентрата 81, который затем может быть направлен в любую подходящую дополнительную стадию обработки, известную в данной области техники.

Первая линия 21 вторичной флотации может содержать более одной камеры 210a вторичной флотации. Верхний продукт 50 из первой камеры 210a вторичной флотации может быть направлен в дополнительную флотационную камеру в первой линии 21 вторичной флотации (этот вариант выполнения не показан на чертежах), а из этой дополнительной флотационной камеры - в следующую в первой линии 21 вторичной флотации, если в проточном соединении имеется более двух камер для формирования линии флотации. Первая линия 21 вторичной флотации может содержать от 1 до 4 камер вторичной флотации, проточно сообщающихся друг с другом. В одном варианте выполнения первая линия 21 вторичной флотации может содержать две камеры 210a вторичной флотации. В другом варианте выполнения первая линия 21 вторичной флотации может содержать три камеры 210a вторичной флотации (на чертежах не показаны).

Последующие флотационные камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом, или же они могут быть расположены в проточном соединении друг с другом посредством трубопровода или трубопроводов 500. В одном варианте выполнения все смежные флотационные камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом. В качестве альтернативы все смежные камеры 210а вторичной флотации могут быть расположены в проточном соединении посредством трубопроводов 500. В качестве альтернативы некоторые из соседних камер 210а вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер, тогда как другие могут быть расположены так, чтобы между ними имелся трубопровод 500, аналогично тому, что было описано в связи с линией 10 первичной флотации.

В одном варианте выполнения, показанном на фиг. 1а, нижний продукт 42а из первой линии 21 вторичной флотации может протекать в камеру 110а первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51а. В одном варианте выполнения нижний продукт 42а может протекать в камеру 110b первичной флотации ниже по потоку от камеры 110а первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51а (см. фиг. 3а-3с). Нижний продукт 42а может протекать непосредственно в камеру 110а первичной флотации или в трубопровод 500 (не показан на чертежах), предшествующий камере 110а первичной флотации.

Нижний продукт 42а следует понимать как означающий нижний продукт 42а из последней из флотационных камер первой линии 21 вторичной флотации. Следовательно, в настоящем документе под нижним продуктом 42а подразумевается взаимозаменяемо либо нижний продукт из одной флотационной камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации, либо нижний продукт из всей первой линии 21 вторичной флотации, направленный из последней из флотационных камер 210а первой линии 21 вторичной флотации для дополнительной обработки в линию 10 первичной флотации.

Флотационная камера 210а первой линии 21 вторичной флотации, проточно сообщающаяся с камерой 110а первичной флотации, имеет объем от 100 до 1000 м³. В качестве альтернативы флотационная камера 210а первой линии 21 вторичной флотации, проточно сообщающаяся с камерой 110а первичной флотации, имеет объем от 400 до 1000 м³.

Объем флотационной камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации, проточно сообщающейся с по меньшей мере одной камерой 110а первичной флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 110а первичной флотации. В качестве альтернативы объем флотационной камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации, проточно сообщающейся с по меньшей мере одной камерой 110а первичной флотации, может составлять от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 110а первичной флотации (см. фиг. 2а-2с).

Под совокупным объемом в настоящем документе подразумевается совокупный объем камер 110а первичной флотации, из которых камера 110b вторичной флотации получает верхний продукт 51а. Например, дополнительная камера 210а вторичной флотации может получать верхний продукт 51а из более чем одной флотационной камеры 110а линии 10 первичной флотации. В этом случае совокупный объем представляет собой совокупный объем камер 110а первичной флотации.

По меньшей мере одна дополнительная линия 22 вторичной флотации расположена ниже по потоку от первой линии 21 вторичной флотации. Указанная дополнительная линия 22 вторичной флотации содержит по меньшей мере одну камеру 210b вторичной флотации, непосредственно проточно соединенную с другой флотационной камерой 110b линии 10 первичной флотации. Флотационная камера 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b из дополнительной камеры 110b первичной флотации. Дополнительная камера 210b вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b из по меньшей мере одной дополнительной камеры 110b первичной флотации в виде входящего потока для извлечения первого концентрата 81, содержащего частицы руды с ценным минералом или минералами. Работа дополнительной камеры 210b вторичной флотации, как и любой другой камеры вторичной флотации, основана на стандартных принципах флотации, как описано ранее в этом описании. Верхний продукт 50 из камеры 210b вторичной флотации собирается в виде первого концентрата 81, который затем может быть направлен в любую подходящую дополнительную стадию обработки, известную в данной области техники.

Дополнительная линия 22 вторичной флотации может содержать более одной камеры 210b вторичной флотации (см. фиг. 9а, 9b). Верхний продукт 50 из первой флотационной камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации может быть направлен в дополнительную камеру вторичной флотации в дополнительной линии 22 вторичной флотации, а из этой дополнительной камеры вторичной флотации - в следующую в дополнительной линии 22 вторичной флотации, если имеется более двух камер, проточно соединенных друг с другом для формирования линии флотации.

Дополнительная линия 22 вторичной флотации может содержать от 1 до 4 камер вторичной флотации, находящихся в проточном сообщении друг с другом. В одном варианте выполнения дополнительная линия 22 вторичной флотации может содержать две камеры 210b вторичной флотации. В другом варианте выполнения дополнительная линия 22 вторичной флотации может содержать три камеры 210b вто-

ричной флотации (не показаны на чертежах).

Количество флотационных камер 210b в дополнительной линии 22 вторичной флотации может быть равно количеству флотационных камер 210a в первой линии 21 вторичной флотации. В некоторых вариантах выполнения количество флотационных камер 210b в дополнительной линии 22 вторичной флотации может быть больше, чем количество флотационных камер 210a в первой линии 21 вторичной флотации. Например, первая линия 21 вторичной флотации может иметь одну камеру 210a вторичной флотации, а дополнительная линия 22 вторичной флотации может иметь две или три камеры 210b вторичной флотации. В одном варианте выполнения первая линия 21 вторичной флотации может иметь две камеры 210a вторичной флотации, а дополнительная линия 22 вторичной флотации может иметь четыре камеры 210b вторичной флотации.

Флотационная камера 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации, непосредственно проточно соединенная с камерой первичной флотации, например камерой 110b первичной флотации, имеет объем от 100 до 1000 м³. В качестве альтернативы флотационная камера 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации, непосредственно проточно соединенная с камерой первичной флотации, например камерой 110b первичной флотации, имеет объем от 300 до 1000 м³.

Объем флотационной камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации, проточно сообщаемой с по меньшей мере одной камерой 110b первичной флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 110b первичной флотации. В качестве альтернативы объем флотационной камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации, проточно сообщаемой с по меньшей мере одной камерой 110b первичной флотации, составляет от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 110b первичной флотации (см. фиг. 2a-2d).

Под совокупным объемом в настоящем документе подразумевается совокупный объем камер 110 первичной флотации, из которых камера 110b вторичной флотации получает верхний продукт 51. Например, дополнительная камера 210b вторичной флотации может получать верхний продукт 51b, 51c из флотационных камер 110b, 110c линии 10 первичной флотации (см. фиг. 11a-11c). В этом случае совокупный объем представляет собой совокупный объем камер 110b, 110c первичной флотации.

Дополнительная линия 22 вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b-51d из 1-4 камер 110b-110d первичной флотации. В одном варианте выполнения дополнительная линия 22 вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b-51d из 1 и 2 камер 110b-110c первичной флотации. Вариант выполнения, в котором дополнительная линия 22 вторичной флотации получает первичный верхний продукт 51b, 51c из двух камер 110b, 110c вторичной флотации, изображен на фиг. 11a и 11b. Вариант выполнения, в котором дополнительная линия 22 вторичной флотации получает первичный верхний продукт 51b из одной камеры 110b вторичной флотации, показан, например, на фиг. 1a и 1b.

В одном варианте выполнения первая флотационная камера 210a первой линии 21 вторичной флотации имеет больший объем, чем первая флотационная камера 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации.

Последующие дополнительные флотационные камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом, или они могут быть расположены проточном соединении друг с другом через трубопровод или трубопроводы 500. В одном варианте выполнения все из соседних флотационных камер 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом. В качестве альтернативы все соседние камеры 210b вторичной флотации могут быть расположены в проточном соединении через трубопроводы 500. В качестве альтернативы некоторые из соседних камер 210b вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении с камерами, тогда как другие могут быть расположены так, чтобы между ними имелся трубопровод 500, аналогично тому, что было описано в связи с линией 10 первичной флотации и первой линией 21 вторичной флотации.

В одном варианте выполнения, показанном на фиг. 1a, нижний продукт 42b из дополнительной линии 22 вторичной флотации может протекать в дополнительную камеру 110b первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b. В одном варианте выполнения нижний продукт 42b может вытекать из дополнительной линии 22 вторичной флотации в виде потока 83 хвостов (фиг. 1b). В одном варианте выполнения нижний продукт 42b может протекать в камеру 110c первичной флотации ниже по потоку от камеры 110b первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b (см. фиг. 3a-3c). Нижний продукт 42b может протекать непосредственно в камеру 110b, 110c первичной флотации или в трубопровод 500, предшествующий камере 110b, 110c первичной флотации.

Понятие "нижний продукт 42b" следует понимать как означающий нижний продукт 42b из последней из флотационных камер дополнительной линии 22 вторичной флотации. Следовательно, в настоящем документе под нижним продуктом 42b подразумевается взаимозаменяемо либо нижний продукт из одной дополнительной флотационной камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации, либо нижний продукт из всей первой линии 22 вторичной флотации, направленный из последней из флотационных камер 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации, для дополнительной обработки в линию 10 первичной флотации.

Потоки пульпы (верхний продукт, нижний продукт) между различными флотационными камерами (камеры первичной флотации, камеры вторичной флотации) могут быть организованы любым подходящим способом, в зависимости от требований процесса флотации и физических характеристик места, на котором установлено флотационное устройство. Далее приведены некоторые примеры возможных вариантов выполнения. Список не является исчерпывающим, и для специалиста в данной области техники очевидно, что в пределах объема изобретения возможны другие комбинации. Различные варианты выполнения могут быть объединены для получения подходящих устройств.

В одном варианте выполнения (фиг. 9а, 9b) нижний продукт 42с из второй флотационной камеры 210с линии 22 вторичной флотации может протекать в камеру 110d первичной флотации ниже по потоку от камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51а, 51b. В этом случае также между последней флотационной камерой 110а, из которой был получен первичный верхний продукт 51а, и камерой 110b первичной флотации, в которую проходит нижний продукт 42b из второй камеры вторичной флотации, может быть предусмотрена одна камера 110 первичной флотации.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42b из первой флотационной камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации может протекать в камеру 110с первичной флотации ниже по потоку от последней камеры 110b первичной флотации, из которой в линию 22 вторичной флотации был получен первичный верхний продукт 51b (см. фиг. 9а).

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения нижний продукт 42а, 42b из каждой камеры 210а, 210b вторичной флотации, непосредственно проточно соединенной с камерой 110а, 110b первичной флотации, может протекать в расположенную ниже по потоку линию 10 первичной флотации.

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51а из камеры 110а первичной флотации может протекать в две параллельные камеры 210а вторичной флотации. Этот вариант выполнения не показан на чертежах. Такой вариант выполнения может быть легко осуществим, например, в варианте выполнения, представленном на фиг. 3а, путем размещения второй камеры 210а вторичной флотации вблизи или рядом с первой флотационной камерой 210а в первой линии 21 вторичной флотации и направления верхнего продукта 51а через сборный трубопровод в две параллельные камеры вторичной флотации. Первый концентрат 81 в виде верхнего продукта 50 из обеих двух параллельных камер 210а вторичной флотации по отдельности собирают и направляют дальше, тогда как нижние продукты 42а из обеих двух параллельных камер 210а вторичной флотации могут быть собраны и направлены вниз по потоку обратно в линию первичной флотации через сборный трубопровод 510, аналогичный показанному, например, на фиг. 5а.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения флотационное устройство 1 может содержать две линии 10а, 10b первичной флотации. Первая линия 21 вторичной флотации может получать верхний продукт 51а, 52а из первых камер 110а, 120а первичной флотации обеих линий 10а, 10b первичной флотации (см. фиг. 12). В одном варианте выполнения может также иметься дополнительная линия 22 вторичной флотации, которая может получать верхний продукт 51b, 52b из вторых камер 110b первичной флотации, 120b обеих линий 10а, 10b первичной флотации.

Потоки пульпы, в частности, нижние продукты 40, 42а-42d, могут перемещаться под действием силы тяжести. В этом случае по меньшей мере некоторые из флотационных камер 110а-110f, 210а-210d могут быть расположены ступенчато по отношению к уровню земли, на которой установлено флотационное устройство. В качестве альтернативы переливные кромки 76 флотационных камер, например камер 110а-110с первичной флотации, могут быть расположены на разных высотах (см. фиг. 14b).

Как можно видеть на фиг. 1е, ступенька, выполненная между любыми смежными флотационными камерами, приводит к разнице в уровне 70 поверхности пульпы двух смежных флотационных камер. В этом случае ступенька расположена между двумя флотационными камерами линии 10 первичной флотации. Также возможно, чтобы ступенька была расположена между флотационной камерой линии первичной флотации и указанной по меньшей мере одной флотационной камерой первой линии вторичной флотации или дополнительной линии вторичной флотации, или между соседними флотационными камерами линии вторичной флотации. Для специалиста в данной области техники очевидно, что вертикальное расположение различных флотационных камер может быть реализовано наилучшим образом с учетом требований процесса флотации и конструктивным расположением флотационного устройства 1.

Гравитационный поток пульпы достигается благодаря напорному градиенту между любыми двумя флотационными камерами с различными уровнями поверхности пульпы, реализуемыми с помощью ступеньки между днищами 71 флотационных камер, как это можно видеть на фиг. 1е, 3с, 4с, 5с, 6с, 7с, 8с, 9с, 10с и 11с, или с помощью ступеньки между переливными кромками, как это можно видеть на фиг. 14, и как было объяснено ранее в разделе "Сущность изобретения настоящего описания".

В качестве альтернативы потоки пульпы могут перемещаться с помощью одного или нескольких насосов с низким напором, расположенных между любыми двумя смежными флотационными камерами либо в трубопроводе или трубопроводах 500, как это можно видеть на фиг. 1с, либо непосредственно между соседними флотационными камерами, в случае когда смежные камеры расположены в непосредственном соединении камер друг с другом. Когда флотационные камеры или некоторые из флотационных камер расположены в одной плоскости, т.е. днища камер 70 расположены на одном уровне относи-

тельно уровня земли (см., например, фиг. 1d, 2c, 2d), может потребоваться перекачка, причем уровень поверхности пульпы двух смежных флотационных камер может быть более или менее одинаковым, а затем создается напорный градиент, по меньшей мере, недостаточный для перемещения потока пульпы под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения потоки пульпы могут перемещаться под действием силы тяжести между некоторыми из смежных флотационных камер, а также с помощью насоса или насосов 60 с низким напором между некоторыми из смежных флотационных камер во флотационном устройстве 1.

В одном варианте выполнения поток пульпы в камеру 210a вторичной флотации и/или из нее может перемещаться под действием силы тяжести. В одном варианте выполнения поток пульпы в две камеры 210a, 210b вторичной флотации и/или из них может перемещаться под действием силы тяжести (см. фиг. 2b, 4b). В одном варианте выполнения поток пульпы в камеру 210a вторичной флотации и/или из нее может перемещаться с помощью одного или нескольких насосов 60 с низким напором. В одном варианте выполнения поток пульпы в две камеры 210a, 210b вторичной флотации и/или из них может перемещаться с помощью одного или нескольких насосов 60 с низким напором. В одном варианте выполнения поток пульпы в камеру 210a вторичной флотации и/или из нее может перемещаться под действием силы тяжести и с помощью одного или нескольких насосов 60 с низким напором. В одном варианте выполнения поток пульпы в две камеры 210a, 210b вторичной флотации и/или из них может перемещаться под действием силы тяжести и с помощью двух или более насосов 60 с низким напором (см., например, фиг. 2b).

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51a из камеры 110a первичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51a, 51b из по меньшей мере двух камер 110a, 110b первичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения верхний продукт 50 из камеры 210a вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В одном варианте выполнения верхний продукт 50 из по меньшей мере двух камер 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения верхний продукт 50 из каждой камеры 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения нижний продукт 40 из камеры 110a первичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В одном варианте выполнения нижний продукт 40 из по меньшей мере двух камер первичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42a из камеры 210a вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В одном варианте выполнения нижний продукт 42a, 42b из по меньшей мере двух камер 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения нижний продукт 40 из каждой камеры 110a-110f первичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42a, 42b из каждой камеры 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51a из камеры 110a первичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором. В одном варианте выполнения первичные верхние продукты 51a, 51b из по меньшей мере двух камер 110a, 110b первичной флотации могут перемещаться с помощью насосов 60 с низким напором.

В одном варианте выполнения верхний продукт 50 из камеры вторичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором. В одном варианте выполнения верхний продукт 50 из по меньшей мере двух камер 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения верхний продукт 50 из каждой камеры 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором.

В одном варианте выполнения нижний продукт 40 из камеры 110a первичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором. В одном варианте выполнения нижний продукт 40 из по меньшей мере двух камер 110a, 110b первичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42a из камеры 210a вторичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором. В одном варианте выполнения изобретения нижний продукт 42a, 42b из по меньшей мере двух камер 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором.

В одном варианте выполнения нижний продукт 40 из каждой камеры 110a-110f первичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42a, 42b из каждой камеры 210a, 210b вторичной флотации может перемещаться с помощью насоса 60 с низким напором.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения нижний продукт 40 между двумя камерами 110a, 110b первичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести, верхний продукт 51a, 51b из двух камер 110a, 110b первичной флотации может протекать к различным линиям 21, 22 вторичной флотации, при этом уровень 70 поверхности пульпы в камерах 110a, 110b первичной флотации может быть разным.

Флотационное устройство 1 также может содержать дополнительную стадию 62 обработки. Верхний продукт 51c из по меньшей мере одной камеры 110c первичной флотации, в которую направлен нижний продукт 42b из дополнительной линии 22 вторичной флотации, может быть направлен для протекания в эту дополнительную стадию 62 обработки. В одном варианте выполнения совокупный верхний продукт из указанной по меньшей мере одной камеры 110c первичной флотации, в которую направлен нижний продукт 42b из дополнительной линии 22 вторичной флотации, и из по меньшей мере одной камеры 110d первичной флотации ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной камеры 110c первичной флотации, в которую направлен нижний продукт 42b из дополнительной линии 22 вторичной флотации, может быть направлен для протекания в дополнительную стадию 62 обработки. На фиг. 14a и 14b показано флотационное устройство 10b, в котором верхние продукты 51c, 51d, 51e из вышеописанных камер 110c, 110d, 110e первичной флотации объединяются и направляются в дополнительную стадию 62 обработки через сборный трубопровод 500. Указанная дополнительная стадия обработки может включать стадию измельчения.

Указанная дополнительная стадия обработки может содержать дополнительную камеру 300 вторичной флотации, проточно сообщающуюся с по меньшей мере одной камерой 110b первичной флотации (см., например, фиг. 5a-5c). Дополнительная камера 300 вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b из по меньшей мере одной камеры 110b первичной флотации. Нижний продукт 43 из дополнительной камеры 300 вторичной флотации может протекать в камеру 110a первичной флотации, расположенную выше по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной камеры 110b первичной флотации, из которой первичный верхний продукт 51b был получен в дополнительную камеру 300 вторичной флотации. В одном варианте выполнения нижний продукт 43 из дополнительной камеры 300 вторичной флотации может выходить из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, как показано, например, на фиг. 10a-10c и 11a-11c и 14a, 14b.

В одном варианте выполнения дополнительная камера 300 вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b, 51c из по меньшей мере двух камер 110b первичной флотации, 110c (этот вариант выполнения не показан на чертежах). В одном варианте выполнения традиционная перемешивающая камера 300 может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51c, 51d, 51e из по меньшей мере трех камер 110c, 110d, 110e первичной флотации (см. фиг. 7a-7c).

В одном варианте выполнения дополнительная камера 300 вторичной флотации может быть расположена в положении ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной первой линии 21 вторичной флотации и указанной по меньшей мере одной дополнительной линии 22 вторичной флотации (см., например, фиг. 7a, 8a, 9a, 10a).

Флотационное устройство 1, описанное в настоящем документе, особенно подходит, но не ограничивается этим, для использования при извлечении ценных минералов, содержащих руды, где частицы минеральной руды содержат медь (Cu), цинк (Zn), железо (Fe), пирит или сульфид металла, такой как сульфид золота. Флотационное устройство подходит для использования при извлечении частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, особенно из низкосортной руды. Флотационное устройство особенно подходит для извлечения частиц минеральной руды, содержащей Cu, из низкосортной руды.

Флотационное устройство 1, как подробно описано выше, может быть частью флотационной установки 9 (фиг. 14a, 14b). Флотационная установка 9 может содержать по меньшей мере одно флотационное устройство 1. В одном варианте выполнения флотационная установка 9 содержит по меньшей мере два флотационных устройства 1. В одном варианте выполнения флотационная установка содержит по меньшей мере три флотационных устройства 1.

Флотационная установка 9 может содержать флотационное устройство 1, выполненное с возможностью извлечения Cu. В качестве альтернативы или дополнительно флотационная установка 9 может содержать флотационное устройство 1, выполненное с возможностью извлечения Zn. В качестве альтернативы или дополнительно флотационная установка 9 может содержать флотационное устройство 1, выполненное с возможностью извлечения пирита. В качестве альтернативы или дополнительно флотационная установка 9 может содержать флотационное устройство 1, выполненное с возможностью извлечения из сульфида металла, такого как золото.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения флотационная установка 9 может содержать флотационное устройство 1, выполненное с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из низкосортной руды.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения флотационная установка 9 может содержать флотационное устройство 1, выполненное с возможностью извлечения Fe путем обратной флотации.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения флотационная установка 9 может содержать по меньшей мере одно флотационное устройство 1a для извлечения первого концентрата 81 и по меньшей мере одно флотационное устройство 1b для извлечения второго концентрата 82. В одном варианте выполнения флотационные камеры 110 линии 10a первичной флотации указанного по меньшей мере одного флотационного устройства 1a для извлечения первого концентрата 81 и флотационные камеры 120 линии 10b первичной флотации указанного по меньшей мере одного флотационного устройства 1b для извлечения второго концентрата 82 расположены последовательно (см. фиг. 14a, 14b).

Флотационная установка 9 может дополнительно содержать устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат 82 отличается от первого концентрата 81. В одном варианте выполнения устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды может представлять собой стадию 64 измельчения, расположенную между первым флотационным устройством 1a и вторым флотационным устройством 1b. В одном варианте выполнения устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды может представлять собой устройство 65 для добавления флотореагентов, расположенное между первым флотационным устройством 1a и вторым флотационным устройством 1b.

В одном варианте выполнения флотационная установка содержит линию первичной флотации, содержащую 10 камер первичной флотации. Верхний продукт из последней из камер первичной флотации может протекать в линию вторичной флотации, содержащую дополнительную камеру вторичной флотации. Нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации может протекать обратно в 1-4 первые флотационные камеры линии первичной флотации.

В способе флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, в соответствии с настоящим изобретением пульпу подвергают последовательно по меньшей мере двум стадиям первичной флотации для разделения пульпы на первичный нижний продукт 40 и первичный верхний продукт 51a, 51b. Первичный нижний продукт 40 из стадии первичной флотации направляют в последующую дополнительную стадию первичной флотации. После стадии первичной флотации по меньшей мере один первый первичный верхний продукт 51a направляют непосредственно в по меньшей мере одну стадию первой вторичной флотации для извлечения первого концентрата 81. После дополнительной стадии первичной флотации по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт 51b направляют непосредственно в по меньшей мере одну стадию дополнительной вторичной флотации для извлечения первого концентрата 81. Нижний продукт 42a, 42b из стадии вторичной флотации направляют в первичную флотацию в последнюю из указанной по меньшей мере одной стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт. В одном варианте выполнения нижний продукт 42a, 42b из стадии вторичной флотации может быть направлен в расположенную ниже по потоку стадию первичной флотации.

Пульпа может быть подвергнута по меньшей мере трем стадиям первичной флотации. В одном варианте выполнения пульпа может быть подвергнута от 3 до 10 стадий первичной флотации. В одном варианте выполнения пульпа может быть подвергнута от 4 до 7 стадий первичной флотации.

Указанный по меньшей мере один первичный верхний продукт 51a может быть направлен в 1-4 стадии первой вторичной флотации. В одном варианте выполнения указанный по меньшей мере один первичный верхний продукт 51a может быть направлен в 1 и 2 стадии первой вторичной флотации. В одном варианте выполнения указанный по меньшей мере один первичный верхний продукт 51a может быть подвергнут одной стадии первой вторичной флотации.

Указанный по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт 51b может быть направлен в 1-4 стадии дополнительной вторичной флотации. В одном варианте выполнения указанный по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт 51b может быть направлен в 1 и 2 стадии дополнительной вторичной флотации. В одном варианте выполнения указанный по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт 51b может быть направлен в одну стадию дополнительной вторичной флотации.

В способе флотации поток пульпы может быть направлен из одной стадии флотации (первичной или вторичной) в последующую стадию флотации (первичную или вторичную) под действием силы тяжести. В одном варианте выполнения поток пульпы может быть направлен из одной стадии флотации (первичной или вторичной) в последующую стадию флотации (первичную или вторичную) с помощью одного или нескольких насосов 60 с низким напором. В одном варианте выполнения поток пульпы может быть направлен из одной стадии флотации (первичной или вторичной) в последующую стадию флотации (первичную или вторичную) под действием силы тяжести и с помощью одного или нескольких насосов 60 с низким напором.

В соответствии с одним вариантом выполнения способа указанный по меньшей мере один первичный верхний продукт 51b направляют в по меньшей мере одну стадию 62 дополнительной обработки. Стадия 62 дополнительной обработки может включать, например, стадию или этап измельчения. В одном варианте выполнения стадия дополнительной обработки включает стадию дополнительной вторичной флотации. Нижний продукт 43 из указанной по меньшей мере одной стадии дополнительной вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации выше по потоку от последней из указан-

ной по меньшей мере одной стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b. В одном варианте выполнения нижний продукт 43 из указанной по меньшей мере одной стадии дополнительной вторичной флотации может быть выведен из процесса флотации в виде потока 83 хвостов.

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51b, 51c из по меньшей мере двух стадий первичной флотации направляют в стадию дополнительной вторичной флотации или первичный верхний продукт из по меньшей мере трех стадий первичной флотации направляют в стадию дополнительной вторичной флотации.

Нижний продукт 42b из по меньшей мере одной второй стадии вторичной флотации может быть направлен в последнюю из стадий первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b во вторую стадию вторичной флотации. В одном варианте выполнения нижний продукт 42b из второй стадии вторичной флотации может быть направлен в стадию первичной флотации ниже по потоку.

Нижний продукт 42a из по меньшей мере одной стадии первой вторичной флотации может быть направлен в стадию первичной флотации ниже по потоку от последней стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51a в стадию первой вторичной флотации.

Нижний продукт из по меньшей мере одной второй стадии вторичной флотации может быть направлен в стадию первичной флотации ниже по потоку от последней стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b во вторую стадию вторичной флотации.

Верхний продукт 51a из стадии первичной флотации может быть направлен в две параллельные стадии вторичной флотации.

Примеры

Далее варианты выполнения изобретения представлены со ссылкой на фигуры чертежей, как указано.

Пример 1.

В одном варианте выполнения изобретения, представленном на фиг. 3a-3c, во флотационное устройство 1, содержащее линию 10 первичной флотации с первой камерой 110a первичной флотации, вводят входящий поток 11 пульпы, который должен быть разделен на нижний продукт 40 и верхний продукт 51a.

Нижний продукт 40, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из первой камеры 110a первичной флотации через трубопровод 500 направляют в соседнюю вторую камеру 110b первичной флотации, соединенную последовательно с первой камерой 110a первичной флотации, для дальнейшего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51b.

Нижний продукт 40, который все еще может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из второй камеры 110b первичной флотации через трубопровод 500 направляют в соседнюю третью камеру 110c первичной флотации, соединенную последовательно со второй камерой 110b первичной флотации, для дальнейшего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51c.

Нижний продукт 40' выводят из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов. Поток 83 хвостов содержит поток пульпы, из которой частицы руды, содержащие ценный минерал, собранные в виде первого концентрата, были в значительной степени извлечены. Этот поток 83 хвостов может быть дополнительно направлен в другое флотационное устройство 1 для извлечения второго концентрата.

Верхний продукт 51c собирают в виде первого концентрата 81 для дополнительной обработки любым подходящим способом, известным в данной области техники. Описанное до этого момента устройство является обычным устройством для традиционной пенной флотации.

Верхний продукт 51a из первой камеры 110a первичной флотации направляют в первую линию 21 вторичной флотации с камерой 210a вторичной флотации через трубопровод 500, для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 42a в камере 210a вторичной флотации. Верхний продукт 50 направляют из первой линии 21 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для дополнительной обработки любым подходящим способом. Эта часть контура флотации аналогична любому традиционному устройству пенной флотации.

Однако в отличие от традиционного процесса каскадной флотации нижний продукт 42a, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из первой камеры 210a вторичной флотации направляют во вторую камеру 110b первичной флотации для дополнительной обработки, чтобы извлечь любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, увеличивая тем самым степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1. Эта так называемая флотация с коротким соединением очень выгодна для извлечения частиц руды, содержащих ценный минерал, из пульпы, содержащих низкосортные руды.

Аналогично из второй камеры 110b первичной флотации в дополнительную линию 22 вторичной флотации с камерой 210b вторичной флотации через трубопровод 500 направляют верхний продукт 51b, который в камере 210b вторичной флотации должен быть разделен на верхний продукт 50 и нижний

продукт 42b. Верхний продукт 50 направляют из дополнительной линии 22 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для дополнительной обработки любым подходящим способом. Концентраты 81 из первой линии 21 вторичной флотации, линии 10 первичной флотации и дополнительной линии 21 вторичной флотации могут быть объединены перед дополнительной обработкой.

Нижний продукт 42b, который все еще может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из дополнительной камеры 210b вторичной флотации направляют в третью камеру 110c первичной флотации для дополнительной обработки, чтобы извлечь любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, дополнительно увеличивая, таким образом, степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1.

Камеры 110a, 110b и 110c первичной флотации расположены ступенчато, так что между каждой последующей камерой 110a, 110b, 110c первичной флотации имеется разница в уровне 70 поверхности пульпы. В этом конкретном примере, как показано на фиг. 3с, каждая последующая камера 110b, 110c первичной флотации имеет дно 71, расположенное на более низком уровне, чем дно предыдущей флотационной камеры 110a, 110b, создавая ступеньку между флотационными камерами. Разница в уровне 70 поверхности пульпы, естественно, может быть реализована путем размещения переливных кромок 76 каждой последующей камеры 110, 110b, 110c первичной флотации на разной высоте.

В то же время аналогичная ступенька может быть выполнена между камерами 210a, 210b вторичной флотации, а также между первой первичной камерой 110a и камерой 210a вторичной флотации, и между второй камерой 110b первичной флотации и камерой 210b вторичной флотации.

Благодаря этим ступенькам уровень 70 поверхности пульпы каждой последующей расположенной ниже по потоку флотационной камеры ниже уровня 70 поверхности пульпы предыдущей флотационной камеры, что создает подходящий гидростатический напор между камерами для обеспечения возможности перемещения потоков пульпы под действием силы тяжести. Это может привести к экономии энергопотребления, так как не требуется энергия для перекачки. Кроме того, конструкция флотационного устройства может быть упрощена.

Пример 2.

На фиг. 4a-4c представлен другой вариант выполнения флотационного устройства 1. В варианте выполнения, во всем другом аналогичном варианте выполнения в примере 1, камеры 210a, 210b вторичной флотации имеют меньший объем, чем камеры 110a, 110b, 110c первичной флотации.

При использовании камер вторичной флотации, меньших по объему, чем камеры первичной флотации, из которых камеры вторичной флотации получают верхний продукт, линии 21, 22 вторичной флотации могут быть более эффективными при извлечении частиц, содержащих меньше ценного минерала, т.е. которых труднее привести к поверхностному и пенному слою для извлечения в виде верхнего продукта, приводящего к концентрату 81 более высокой сортности. Это дополнительно увеличивает степень извлечения флотационного устройства 1.

Пример 3.

В одном варианте выполнения флотационного устройства, показанного на фиг. 5a-5c, во флотационное устройство 1, содержащее линию 10 первичной флотации с первой камерой 110a первичной флотации, направляют входящий поток 11 пульпы, который должен быть разделен на нижний продукт 40 и верхний продукт 51a.

Нижний продукт 40, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из первой камеры 110a первичной флотации направляют в соседнюю вторую камеру 110b первичной флотации, соединенную последовательно с первой камерой 110a первичной флотации, через трубопровод 500, для дальнейшего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51b.

Нижний продукт 40, который все еще может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из второй камеры 110b первичной флотации направляют в соседнюю третью камеру 110c первичной флотации, соединенную последовательно со второй камерой 110b первичной флотации, через трубопровод 500 для дальнейшего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51c.

Нижний продукт 40, который все еще может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из третьей камеры 110c первичной флотации направляют в соседнюю четвертую камеру 110d первичной флотации, соединенную последовательно с третьей камерой 110c первичной флотации, через трубопровод 500, для дальнейшего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51d.

Нижний продукт 40, который все еще может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из четвертой камеры 110d первичной флотации направляют в соседнюю пятую камеру 110e первичной флотации, соединенную последовательно с четвертой камерой 110d первичной флотации, через трубопровод 500, для дальнейшего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51e.

Нижний продукт 40' выводят из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов. Поток 83 хвостов содержит поток пульпы, из которой частицы руды, содержащие ценный минерал, собранные в виде первого концентрата, были в значительной степени извлечены. Этот поток 83 хвостов может быть

дополнительно направлен в другое флотационное устройство 1 для извлечения второго концентрата.

Верхний продукт 51а из первой камеры 110а первичной флотации направляют в первую линию 21 вторичной флотации с камерой 210а вторичной флотации через трубопровод 500, для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 42а в камере 210а вторичной флотации. Камера 210а вторичной флотации может быть меньше по объему, чем первая камера 210а (д.б. "110а") первичной флотации. Верхний продукт 50 направляют из первой линии 21 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для дополнительной обработки любым подходящим способом.

Нижний продукт 42а, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из первой камеры 210а вторичной флотации направляют во вторую камеру 110b первичной флотации для дополнительной обработки, чтобы извлечь любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, увеличивая тем самым степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1. Нижний продукт 42а может быть направлен обратно в линию первичной флотации только под действием силы тяжести, как показано на фиг. 5b, или с помощью насоса 60 с низким напором, что может снизить энергопотребление процесса флотации.

Как было описано выше, объем камеры 210а вторичной флотации может быть меньше, чем объем камеры 110а первичной флотации.

Верхние продукты 51b, 51c, 51d, 51e из камер 110b, 110c, 110d, 110e первичной флотации сначала собирают в сборный трубопровод 510 и направляют вместе как один входящий поток в дополнительную линию 22 вторичной флотации с дополнительной камерой 300 вторичной флотации, где эти верхние продукты должны быть разделены на верхний продукт 50 и нижний продукт 43.

Нижний продукт 43 может протекать обратно вверх по потоку к первой камере 110а первичной флотации, чтобы быть еще раз обработанным для извлечения любых частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, все еще присутствующий в этом потоке. Нижний продукт 43 может быть сначала направлен в стадию повторного измельчения. Однако целью по-прежнему является извлечение первого концентрата 81, поскольку стадию измельчения можно рассматривать как часть флотационного устройства 1 для извлечения первого концентрата 81.

Верхний продукт 50 направляют из дополнительной камеры 300 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для дополнительной обработки любым подходящим способом. Концентраты 81 из первой линии 21 вторичной флотации, линии 10 первичной флотации и дополнительной линии 22 вторичной флотации могут быть объединены для дополнительной обработки.

Объем дополнительной камеры вторичной флотации выбирают так, чтобы вместить совокупный объем верхних продуктов 51b, 51c, 51d, 51e. Однако он может быть меньше по объему, чем совокупный объем камер 110b, 110c, 110d, 110e первичной флотации.

Камеры 110а, 110b, 110c, 110d и 110e первичной флотации расположены ступенчатым образом, как описано ранее. Аналогично камера 210а вторичной флотации представляет собой ступеньку над камерой 110b первичной флотации, в которую направлен нижний продукт 42а. Между дополнительной камерой 300 вторичной флотации и, по меньшей мере, камерами 110b, 110c, 110d первичной флотации также имеется ступенька. Поэтому для управления потоками пульпы между этими флотационными камерами может быть использована сила тяжести. Расположение ступенчатым образом естественно означает, что для направления нижнего продукта 43 из дополнительной камеры 300 вторичной флотации может потребоваться один или несколько насосов 60 с низким напором, чтобы направить поток пульпы обратно в первую камеру 110а первичной флотации.

Пример 4.

На фиг. 6а-6с представлен вариант выполнения, аналогичный варианту выполнения в примере 3. Нижний продукт 42а из камеры 210а вторичной флотации возвращают обратно в камеру 110а первичной флотации, из которой камера 110а (д.б. "210а") вторичной флотации получила верхний продукт 51а, создавая флотацию с короткой циркуляцией между первой камерой 110а первичной флотации и камерой 210а вторичной флотации.

Пример 5.

В одном варианте выполнения, как изображено на фиг. 7а-7с, имеется пять камер первичной флотации, соединенных последовательно в линии 10 первичной флотации, при этом нижние продукты 40 обрабатывают аналогично тому, что было представлено выше в связи с примером 3. Также первая линия вторичной флотации аналогична линии из примера 3, получая верхний продукт 51а из первой камеры 110а первичной флотации. Нижний продукт 42а может протекать во вторую камеру 110b первичной флотации, а верхний продукт 50 собирают в виде первого концентрата 81, как и в примере 3.

Однако дополнительная линия 22 вторичной флотации с камерой 210b вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта 51b из второй камеры 110b первичной флотации. Верхний продукт 50 из камеры 210b вторичной флотации собирают в виде первого концентрата 81, а нижний продукт 42b может протекать в третью камеру 110c первичной флотации для дополнительной обработки.

Объем камер 210а, 210b вторичной флотации может быть меньше, чем объем камер 110а, 110b первичной флотации, как было описано выше.

Верхние продукты 51с, 51d, 51е из третьей, четвертой и пятой камер 110с, 110d, 110е первичной флотации сначала собирают в сборный трубопровод 510 и направляют вместе как один входящий поток в дополнительную линию 23 вторичной флотации с дополнительной камерой 300 вторичной флотации, где эти верхние продукты должны быть разделены на верхний продукт 50 и нижний продукт 43.

Объем дополнительной камеры 300 вторичной флотации выбирают так, чтобы вместить совокупный объем верхних продуктов 51с, 51d, 51е. Однако он может быть меньше, чем совокупный объем камер 110с, 110d, 110е первичной флотации.

Нижний продукт 43 может протекать обратно вверх по потоку к первой камере 110а первичной флотации, где он должен быть еще раз обработан для извлечения любых частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, все еще присутствующий в этом потоке. Поток пульпы может перемещаться с помощью одного или нескольких насосов с низким напором, тогда как другие потоки могут перемещаться под действием силы тяжести, если между соседними флотационными камерами, проточно соединенными друг с другом, установлены подходящие ступеньки (см. фиг. 7b).

Верхний продукт 50 направляют из дополнительной камеры 300 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для дополнительной обработки любым подходящим способом. Концентраты 81 из первой линии 21 вторичной флотации, второй линии 22 вторичной флотации, дополнительной линии 23 вторичной флотации и линии 10 первичной флотации могут быть объединены для дополнительной обработки.

Пример 6.

На фиг. 8а-8с представлен вариант выполнения, аналогичный варианту выполнения в примере 5. Нижний продукт 42b из второй линии 22 вторичной флотации с камерой 210b вторичной флотации возвращают обратно в камеру 110b первичной флотации, из которой камера 210b вторичной флотации получила верхний продукт 51b, создавая флотацию с короткой циркуляцией между второй камерой 110а первичной флотации и камерой 210b вторичной флотации.

Пример 7.

На фиг. 9а-9с представлен еще один вариант выполнения, аналогичный примеру 5. Дополнительная линия 22 вторичной флотации вместо одной камеры 210b вторичной флотации содержит две камеры 210b, 210с вторичной флотации, расположенные последовательно.

В этом варианте выполнения верхний продукт из второй камеры 110b первичной флотации направляют в дополнительную линию 22 вторичной флотации с первой камерой 210b вторичной флотации, из которой нижний продукт 42b направляют вниз по потоку в третью камеру 110с первичной флотации, аналогично тому, что было представлено в примерах 5 и 6.

Верхний продукт 50 из первой камеры 210b вторичной флотации дополнительной линии 22 вторичной флотации направляют во вторую камеру 210с вторичной флотации для дополнительной обработки. В верхнем продукте 50 второй камеры 210с вторичной флотации извлекают первый концентрат 81, а нижний продукт 42с направляют в четвертую камеру 110d первичной флотации (нижний продукт 42с может в равной степени быть направлен в третью камеру 110с первичной флотации) для дальнейшей обработки.

Верхние продукты 51с, 51d, 51е из третьей, четвертой и пятой камер 110с, 110d, 110е первичной флотации сначала собирают в сборный трубопровод 510 и направляют вместе как один входящий поток в дополнительную линию 23 вторичной флотации с дополнительной камерой 300 вторичной флотации для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 43, как в примере 5.

Пример 8.

В одном варианте выполнения изобретения (фиг. 10а-10с) линия 10 первичной флотации содержит также пять камер 110а, 110b, 110с, 110d, 110е первичной флотации. Две первые камеры 110а первичной флотации, 110b имеют больший объем, чем последние три флотационные камеры 110с, 110d, 110е. Однако процесс флотации в линии 10 первичной флотации аналогичен тому, что было описано в связи с примерами 3-7.

Указанные две линии 21, 22 вторичной флотации работают аналогично тому, что было описано в связи с примером 5. Объем флотационных камер 210а, 210b меньше, чем объем первых флотационных камер 110а, 110b.

Флотационное устройство 1 также содержит третью линию 23 вторичной флотации с дополнительной камерой 300 вторичной флотации, выполненной с возможностью получения объединенных верхних продуктов 51с, 51d, 51е из трех последних камер 110с, 110d, 110е первичной флотации через сборный трубопровод 510. Поскольку совокупный объем трех последних камер 110b, 110с, 110d первичной флотации в этом варианте выполнения меньше, то и объем дополнительной камеры 300 вторичной флотации может быть меньше, как можно это видеть на фиг. 10а и 10b.

Нижний продукт 43 из дополнительной камеры 300 вторичной флотации выводят из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, который может быть объединен с потоком 83 хвостов линии 10 первичной флотации. Совокупный поток хвостов может, например, быть направлен в другое флотационное устройство 1 для извлечения второго концентрата 82.

Верхний продукт 50 дополнительной камеры 300 вторичной флотации содержит извлеченный первый концентрат 81 для дополнительной обработки аналогично тому, что было описано в связи с другими

примерами и вариантами выполнения.

Пример 9.

На фиг. 11a-11c представлен еще один вариант выполнения флотационного устройства 1. В этом варианте выполнения линия 10 первичной флотации содержит шесть камер 110a, 110b, 110c, 110d, 110e, 110f первичной флотации. Процесс флотации в линии 10 первичной флотации аналогичен тому, что было описано в связи с примерами 3-8.

Верхний продукт 51a из первой камеры 110a первичной флотации направляют в первую линию 21 вторичной флотации с камерой 210a вторичной флотации через трубопровод 500, для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 42a в камере 210a вторичной флотации. Камера 210a вторичной флотации может быть меньше по объему, чем первая камера 210a первичной флотации. Верхний продукт 50 направляют из первой линии 21 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для дополнительной обработки любым подходящим способом.

Нижний продукт 42a, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащей ценный минерал, из первой камеры 210a вторичной флотации направляют во вторую камеру 110b первичной флотации для дополнительной обработки, чтобы извлечь любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, увеличивая таким образом степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1.

Верхние продукты 51b, 51c из второй и третьей камер 110b первичной флотации, 110c сначала собирают в сборный трубопровод 510 и направляют вместе как один входящий поток в дополнительную линию 22 вторичной флотации с камерой 210b вторичной флотации для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 42b. Объем камеры 210b вторичной флотации дополнительной линии 22 вторичной флотации может быть меньше совокупного объема двух камер 110b, 110c первичной флотации, из которых были получены верхние продукты 51b, 51c.

Верхний продукт 50 из камеры 210b вторичной флотации собирают в виде первого концентрата 81, а нижний продукт 42b может протекать в четвертую камеру 110d первичной флотации для дополнительной обработки.

Флотационное устройство 1 дополнительно содержит третью линию 23 вторичной флотации с дополнительной камерой 300 вторичной флотации, выполненной с возможностью получения объединенных верхних продуктов 51d, 51e, 51f из трех последних камер 110d, 110e, 110f первичной флотации через сборный трубопровод 510.

Нижний продукт 43 из дополнительной камеры 300 вторичной флотации выводят из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, который может быть объединен с потоком хвостов 83 линии 10 первичной флотации. Объединенный поток хвостов может, например, быть направлен в другое флотационное устройство 1 для извлечения второго концентрата 82.

Верхний продукт 50 из дополнительной камеры 300 вторичной флотации содержит извлеченный первый концентрат 81, который должен быть дополнительно обработан, аналогично тому, что было описано в связи с другими примерами и вариантами выполнения.

Пример 10.

На фиг. 12 представлен еще один вариант выполнения флотационного устройства 1. В этом варианте выполнения имеются две линии 10 первичной флотации: первая линия 10a первичной флотации и вторая линия 10b первичной флотации, каждая из которых содержит пять камер 110a-110e, 120a-120e первичной флотации. Линии 10a, 10b первичной флотации расположены так, чтобы обрабатывать поток пульпы аналогично тому, как было описано, например, в связи с примерами 3 и 4.

Однако первичные верхние продукты 51a, 52a из первых камер 110a, 120a первичной флотации обеих линий 10a, 10b первичной флотации выполнены с возможностью протекания в одну линию 21 вторичной флотации, содержащую камеру 210a вторичной флотации. Верхний продукт 50 из камеры 210a вторичной флотации извлекают в виде первого концентрата 81. Нижний продукт 42a направляют вниз по потоку как во вторую камеру 110b первичной флотации первой линии 10a первичной флотации, так и во вторую камеру 120b первичной флотации второй линии 10b первичной флотации для дополнительной обработки в соответствующих линиях флотации.

Флотационное устройство 1 дополнительно содержит первую дополнительную линию 22a вторичной флотации с дополнительной камерой 300a вторичной флотации, выполненной с возможностью получения объединенных верхних продуктов 51b, 51c, 51d, 51e из трех последних камер 110b, 110c, 110d, 110e первичной флотации первой линии 10a первичной флотации через сборный трубопровод 510; и вторую дополнительную линию 22b вторичной флотации с дополнительной камерой 300b вторичной флотации, выполненной с возможностью получения объединенных верхних продуктов 52b, 52c, 52d, 52e из трех последних камер 120b, 120c, 120d, 120e первичной флотации второй линии 10b первичной флотации через сборный трубопровод 520.

Аналогично тому, что было описано в связи с примером 9, нижние продукты 43a, 43b из дополнительных камер 300a, 300b вторичной флотации выводят из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, который может быть объединен с потоком 83 хвостов линии 10a, 10b первичной флотации. Верхние продукты 50a, 50b из дополнительных камер 300a, 300b вторичной флотации содержат извле-

ченный первый концентрат 81 для дополнительной обработки аналогично тому, что было описано в связи с другими примерами и вариантами выполнения.

Пример 11.

На фиг. 13а представлен еще один вариант выполнения флотационного устройства 1. По сути он содержит те же конструктивные детали, что и устройство в примере 9 (см. фиг. 11а), но вместо отдельных флотационных камер 110, 210, где пульпу как аэрируют, так и разделяют на две фракции (на верхний продукт и нижний продукт) в одной камере, каждая линия 10, 21, 22, 23 флотации содержит первую подготовительную флотационную камеру 111, 211 и флотационную камеру 110, 210, примыкающую к подготовительной флотационной камере через гидравлический трубопровод 41. В подготовительной флотационной камере поток пульпы аэрируют либо мешалкой, имеющей впускное отверстие для газа, либо аэрационным устройством типа разбрызгивателя. Примыкающая флотационная камера работает как флотационная камера без механического перемешивания, чтобы обеспечить стабильность газовых пузырьков агломератов рудных частиц и образование невозмущенного пенного слоя.

Входящий поток 11 пульпы сначала направляют в линию 10 первичной флотации флотационного устройства 1. Более конкретно, пульпу направляют в подготовительную флотационную камеру 111а для обработки, как описано выше. Из подготовительной флотационной камеры 111а поток пульпы направляют через гидравлический трубопровод 41 во флотационную камеру 110а, из которой верхний продукт 51а направляют в первую линию 21 вторичной флотации, содержащую аналогичную подготовительную флотационную камеру 211а и, через гидравлический трубопровод 41, примыкающий к флотационной камере 210а.

Нижний продукт 40 из флотационной камеры 210а линии 10 первичной флотации направляют дальше вниз по потоку для аналогичной обработки в дополнительных подготовительных флотационных камерах и флотационных камерах линии 10 первичной флотации, до тех пор, пока нижний продукт 40' из последней флотационной камеры 110f не будет выведен наружу из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов.

Нижний продукт 42а из флотационной камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации направляют во вторую подготовительную флотационную камеру 111b ниже по потоку от блока первичной флотации, из которого был получен верхний продукт 51а в подготовительную флотационную камеру 211а первой линии 21 вторичной флотации, обратно для дополнительной обработки в линии 10 первичной флотации.

Верхний продукт 50 из первой камеры 210а вторичной флотации выводят из первой линии 21 вторичной флотации в виде первого концентрата 81.

Как и в примере 9, дополнительная линия 22 вторичной флотации выполнена с возможностью получения объединенного верхнего продукта 51b, 51с из второй и третьей камер 110b, 110с первичной флотации, которым (обеим) предшествует подготовительная флотационная камера 111b, 111с. Объединенные верхние продукты 51а, 51b затем направляют в дополнительную подготовительную камеру 210b вторичной флотации через сборный трубопровод 510. Нижний продукт 42b из дополнительной камеры 210b вторичной флотации направляют обратно в линию 10 первичной флотации ниже по потоку от флотационной камеры 110b, 110с, из которой были получены верхние продукты 51b, 51с, в дополнительную линию 22 вторичной флотации.

Флотационное устройство 1 также содержит дополнительную линию 23 вторичной флотации, содержащую подготовительную флотационную камеру 301 и флотационную камеру 300. Объединенные верхние продукты 51d, 51e, 51f из дополнительных камер 111d, 111e, 111f первичной флотации направляют в подготовительную флотационную камеру 301 дополнительной линии 23 вторичной флотации через сборный трубопровод 510. Верхний продукт 50 из дополнительной линии 23 вторичной флотации, собранный в виде верхнего продукта из флотационной камеры 300, содержит извлеченный первый концентрат 81. Нижний продукт 43 из дополнительной линии 23 вторичной флотации может быть выведен из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов.

Пример 12.

На фиг. 13b представлен еще один вариант выполнения флотационного устройства 1. По сути он в некоторой степени аналогичен устройству в примере 10 (см. фиг. 12), т.е. имеются две линии 10а, 10b первичной флотации. Однако вместо одной единственной камеры 210 вторичной флотации, где пульпу аэрируют и разделяются на две фракции (на верхний продукт и нижний продукт) в одной камере, линии 21, 22, 23 вторичной флотации содержат подготовительную флотационную камеру 211 и флотационную камеру 210, примыкающую к подготовительной флотационной камере 211 через гидравлический трубопровод 41. Две линии 10а, 10b первичной флотации точно такие же, как и линия 10 первичной флотации в примере 9, представленном выше.

Первичные верхние продукты 51а, 52а из первых камер 110а, 120а первичной флотации обеих линий 10а, 10b первичной флотации выполнены с возможностью протекания в одну линию 21 вторичной флотации, содержащую подготовительную флотационную камеру 211а и флотационную камеру 210а. Более конкретно, первичные верхние продукты 51а, 52а выполнены с возможностью протекания в подготовительную флотационную камеру 211а первой линии 21 вторичной флотации. Верхний продукт 50 из

камеры 210а вторичной флотации извлекают в виде первого концентрата 81.

Нижний продукт 42а из флотационной камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации направляют во вторую подготовительную флотационную камеру 111b ниже по потоку от блока первичной флотации, из которого был получен верхний продукт 51а в подготовительную флотационную камеру 211а первой линии 21 вторичной флотации, и назад для дополнительной обработки в линии 10 первичной флотации.

Верхний продукт 50 из флотационной камеры 210а первой линии 21 вторичной флотации выводят из первой линии 21 вторичной флотации в виде первого концентрата 81.

Как и в примере 9, дополнительная линия 22 вторичной флотации выполнена с возможностью получения объединенного верхнего продукта 51b, 51с из второй и третьей флотационных камер 110b, 110с первой линии 10а первичной флотации через сборный трубопровод 510, а также верхних продуктов 52b, 52с из второй и третьей флотационных камер 120b, 120с второй линии 10b первичной флотации через сборный трубопровод 520. Более конкретно, имеется подготовительная флотационная камера 211b дополнительной линии вторичной флотации, которая получает объединенные верхние продукты 51b, 51с, 52а, 52b.

Нижний продукт 42b из флотационной камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации направляют обратно в первую линию 10а первичной флотации ниже по потоку от камеры 110b, 110с первичной флотации, из которой верхние продукты 51b, 51с были получены в дополнительную линию 22 вторичной флотации. Верхний продукт 50 из флотационной камеры 210b дополнительной линии 22 вторичной флотации выводят из дополнительной линии 22 вторичной флотации в виде первого концентрата 81.

Флотационное устройство 1 дополнительно содержит дополнительную линию 23 вторичной флотации, содержащую подготовительную флотационную камеру 301 и флотационную камеру 300. Объединенные верхние продукты 51d, 51е, 51f из трех последних флотационных камер 110d, 110е, 110f первой линии 10а первичной флотации, а также верхний продукт 52е из вторых последних флотационных камер 120е второй линии 10b первичной флотации направляют в подготовительную флотационную камеру 301 дополнительной линии 23 вторичной флотации через сборный трубопровод 510, 520. Верхний продукт 50 из дополнительной линии 23 вторичной флотации, собранный из флотационной камеры 300 в виде верхнего продукта, содержит извлеченный первый концентрат 81. Нижний продукт 43 из дополнительной линии 23 вторичной флотации может быть выведен из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов.

Пример 13.

На фиг. 14а и 14b представлен вариант выполнения флотационной установки.

Флотационная установка содержит два флотационных устройства 1а, 1b, которые относятся к типу, описанному в примере 5. Первое флотационное устройство 1а предназначено для извлечения первого концентрата 81, а второе флотационное устройство 1b предназначено для извлечения второго концентрата 82.

Камеры 110а-110е первичной флотации первого флотационного устройства 1а и камеры 120а-120е первичной флотации второго флотационного устройства 1b расположены последовательно.

Поскольку функции и расположение потоков флотационных устройств 1а, 1b уже подробно обсуждались в связи с примером 5, детали флотационных устройств 1а, 1b в настоящем документе больше не обсуждаются.

Поток 83 хвостов, собранный из нижнего продукта 40' последней флотационной камеры 110е линии 10 первичной флотации первого флотационного устройства 1а, направляют в устройство, подходящее для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. В одном варианте выполнения устройство может представлять собой стадию 64 измельчения или, в другом варианте выполнения, устройство 65 для добавления флотореагентов. (На фиг. 14а, 14b устройство показано только в качестве примера, при этом следует понимать, что блок (на чертеже) может представлять собой либо стадию 64 измельчения, либо устройство 65 для добавления флотореагентов в зависимости от варианта выполнения.)

В одном варианте выполнения, в котором устройство содержит стадию 64 измельчения, второй концентрат 82, извлеченный во втором флотационном устройстве 1b, содержит частицы руды, содержащие такой же ценный минерал, что и первый концентрат 81, извлеченный в первом флотационном устройстве 1а (т.е. два концентрата имеют одинаковый или сходный минералогический состав), но распределение частиц по размерам второго концентрата 82 отличается из-за контура 62 измельчения.

В качестве альтернативы дополнительная стадия обработки может включать восстановление потока пульпы, собранного в виде потока 83 хвостов первого флотационного устройства 1а, т.е. обработку пульпы дополнительными флотореагентами, чтобы подготовить входящий поток 11b пульпы для извлечения второго концентрата 82. В этом случае второй концентрат 82, извлеченный во втором флотационном устройстве 1b, содержит частицы руды, содержащие ценный минерал, отличный от первого концентрата 81, извлеченного в первом флотационном устройстве 1а. Таким образом, два концентрата имеют разный минералогический состав.

Варианты выполнения, описанные выше, могут использоваться в любой комбинации друг с другом. Некоторые из вариантов выполнения могут быть объединены вместе, чтобы сформировать дополнительный вариант выполнения. Устройство, способ, установка или применение, к которым относится изобретение, может содержать по меньшей мере один из вариантов выполнения, описанных выше. Специалисту в данной области техники очевидно, что с развитием технологии основная идея изобретения может быть реализована различными способами. Изобретение и его варианты выполнения, таким образом, не ограничиваются примерами, описанными выше. Напротив, они могут варьироваться в рамках формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Флотационное устройство (1) для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержащее флотационные камеры (110, 210) для разделения пульпы на нижний продукт (40, 42) и верхний продукт (50, 51), причем разделение осуществляется с помощью флотационного газа, при этом устройство (1) содержит

линию (10) первичной флотации, содержащую по меньшей мере две камеры (110a, 110b) первичной флотации, соединенные последовательно, причем каждая последующая камера (110b) первичной флотации выполнена с возможностью получения нижнего продукта (40) из предыдущей камеры (110a) первичной флотации;

первую линию (21) вторичной флотации, содержащую камеру (210a) вторичной флотации, проточно сообщаемую с по меньшей мере одной первой камерой (110a) первичной флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта (51a) из указанной по меньшей мере одной первой камеры (110a) первичной флотации для извлечения первого концентрата (81);

дополнительную линию (22) вторичной флотации, расположенную ниже по потоку от первой линии (21) вторичной флотации и содержащую камеру (210b) вторичной флотации, проточно сообщаемую с еще одной камерой (110b) первичной флотации, расположенной ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной камеры (110a) первичной флотации, из которой в первую линию (21) вторичной флотации поступает первичный верхний продукт (51a), причем указанная камера (210b) вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта (51b) из указанной еще одной камеры (110b) первичной флотации для извлечения первого концентрата (81);

отличающееся тем, что указанная первая линия (21) вторичной флотации проточно сообщается с обеспечением подачи из нее нижнего продукта (42a) с последней камерой из указанной по меньшей мере одной первой камеры (110a) первичной флотации, из которой в указанную первую линию (21) вторичной флотации поступает первичный верхний продукт (51a), или с камерой (110b) первичной флотации ниже по потоку от последней камеры из указанной по меньшей мере одной первой камеры (110a) первичной флотации, из которой в указанную первую линию (21) вторичной флотации поступает первичный верхний продукт (51a).

2. Флотационное устройство по п.1, в котором флотационная камера (210a) первой линии (21) вторичной флотации и/или флотационная камера (210b) дополнительной линии (22) вторичной флотации расположены в непосредственном проточном сообщении с первой камерой (110a, 110b) первичной флотации, из которой они получают верхний продукт (51a, 51b).

3. Флотационное устройство по п.1 или 2, в котором нижний продукт (42a) из линии (21) вторичной флотации может протекать в камеру (110b) первичной флотации, за которой в линии (10) первичной флотации имеются еще по меньшей мере две камеры (110c, 110d) первичной флотации.

4. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором линия (10) первичной флотации содержит по меньшей мере три флотационные камеры, или от 3 до 10 флотационных камер, или от 4 до 7 флотационных камер.

5. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая линия (21) вторичной флотации содержит от 1 до 4 флотационных камер, или от 1 до 2 флотационных камер, или одну флотационную камеру.

6. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором дополнительная линия (22) вторичной флотации содержит от 1 до 4 флотационных камер, или от 1 до 3 флотационных камер, или от 1 до 2 флотационных камер.

7. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором количество камер вторичной флотации, последовательно соединенных в дополнительной линии (22) вторичной флотации, равно или превышает количество камер вторичной флотации, последовательно соединенных в первой линии (21) вторичной флотации.

8. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором дополнительная линия (22) вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта (51) из 1-3 камер первичной флотации или из 1 и 2 камер первичной флотации.

9. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая флотационная камера (210a) первой линии (21) вторичной флотации имеет больший объем, чем первая флотаци-

флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

28. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором верхний продукт (50) из камеры (210a) вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором или верхний продукт (50) из по меньшей мере двух камер (210a, 210b) вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

29. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором верхний продукт (50) из каждой камеры (210) вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

30. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (40) из камеры (110a) первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором или нижний продукт (40) из по меньшей мере двух камер (110a, 110b) первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

31. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (42a) из камеры (210a) вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором или нижний продукт (42a, 42b) из по меньшей мере двух камер (210a, 210b) вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

32. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (40) из каждой камеры (110) первичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

33. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (42) из каждой камеры (210) вторичной флотации перемещается с помощью насоса с низким напором.

34. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (40) между двумя камерами (110a, 110b) первичной флотации перемещается под действием силы тяжести, а верхний продукт (51a, 51b) из указанных двух камер (110a, 110b) первичной флотации может протекать к разным линиям вторичной флотации, при этом уровень поверхности пульпы в указанных камерах (110a, 110b) первичной флотации отличается.

35. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором верхний продукт (51c) из по меньшей мере одной камеры (110c) первичной флотации, в которую направляется нижний продукт (42b) из дополнительной камеры вторичной флотации, может протекать в дополнительную стадию (62) обработки.

36. Флотационное устройство по п.35, в котором объединенный верхний продукт из указанной по меньшей мере одной камеры (110c) первичной флотации, в которую направляется нижний продукт (42b) из дополнительной камеры вторичной флотации, и из по меньшей мере одной камеры (110d) первичной флотации ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной флотационной камеры (110c), в которую направляется нижний продукт (42b) из дополнительной камеры вторичной флотации, может протекать в дополнительную стадию (62) обработки.

37. Флотационное устройство по п.35 или 36, в котором указанная дополнительная стадия (62) обработки включает стадию (64) измельчения.

38. Флотационное устройство по п.35 или 36, в котором указанная дополнительная стадия (62) обработки содержит дополнительную камеру (300) вторичной флотации, проточно сообщающуюся с по меньшей мере одной камерой (110b) первичной флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта (51b) из по меньшей мере одной камеры (110b) первичной флотации, при этом нижний продукт (43) из дополнительной камеры (300) вторичной флотации может

протекать в камеру (110a) первичной флотации выше по потоку от указанной по меньшей мере одной камеры (110b) первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт (51b); или выходить из флотационного устройства.

39. Флотационное устройство по п.38, в котором дополнительная камера (300) вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта (51) из по меньшей мере двух камер (110b, 110c) первичной флотации или из по меньшей мере трех камер (110c, 110d, 110e) первичной флотации.

40. Флотационное устройство по п.38 или 39, в котором дополнительная камера (300) вторичной флотации расположена ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной первой линии (21) вторичной флотации и указанной по меньшей мере одной дополнительной линии (22) вторичной флотации.

41. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (42c) из второй флотационной камеры (210c) линии (22) вторичной флотации может протекать в камеру (110d) первичной флотации ниже по потоку от камеры первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт (51a, 51b).

42. Флотационное устройство по п.41, в котором имеется одна камера (110) первичной флотации, расположенная между последней камерой (110a) первичной флотации, из которой первичный верхний продукт (51a) был получен линией вторичной флотации, и камерой (110c) первичной флотации, в которую направляется нижний продукт (42b) из второй камеры (210b) вторичной флотации.

43. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (42b) из первой флотационной камеры (210b) дополнительной линии (22) вторичной флотации может протекать в камеру (110c) первичной флотации ниже по потоку от последней камеры (110b) первичной флотации, из которой первичный верхний продукт (51b) был получен в линию (22) вторичной флотации.

44. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт (42a, 42b) из каждой камеры (210a, 210b) вторичной флотации, находящейся в непосредственном проточном сообщении с камерой (110a, 110b) первичной флотации, может протекать в расположенную ниже по потоку камеру первичной флотации.

45. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первичный верхний продукт (51a) из камеры (110a) первичной флотации может протекать в две параллельные камеры (210a) вторичной флотации.

46. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, содержащее две линии (10a, 10b) первичной флотации, при этом первая линия (21) вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта (51, 52) из первых флотационных камер (110a, 120a) обеих линий (10a, 10b) первичной флотации.

47. Флотационное устройство по п.46, в котором дополнительная линия (22) вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта (51b, 52b) из вторых флотационных камер (110b, 120b) обеих линий (10a, 10b) первичной флотации.

48. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором камеры (110) первичной флотации и/или камеры (210) вторичной флотации содержат камеры пенной флотации.

49. Флотационное устройство по п.48, в котором флотационный газ подается во флотационную камеру, где пульпа разделяется на верхний продукт (51) и нижний продукт (42).

50. Флотационное устройство по п.48, в котором флотационный газ подается в подготовительную флотационную камеру, в которой установлен импеллер.

51. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором частицы минеральной руды содержат Cu, или Zn, или Fe, или пирит, или сульфид металла, такой как сульфид золота.

52. Применение флотационного устройства, выполненного по любому из пп.1-51, для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал.

53. Применение по п.52 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из низкосортной руды.

54. Применение по п.52 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из низкосортной руды.

55. Флотационная установка, содержащая флотационное устройство, выполненное по любому из пп.1-51.

56. Флотационная установка по п.55, содержащая по меньшей мере два или по меньшей мере три флотационных устройства, выполненных по любому из пп.1-51.

57. Флотационная установка по п.55 или 56, содержащая по меньшей мере одно флотационное устройство (1a) для извлечения первого концентрата (81) и по меньшей мере одно флотационное устройство (1b) для извлечения второго концентрата (82).

58. Флотационная установка по п.57, в которой флотационные камеры (110) линии (10a) первичной флотации указанного по меньшей мере одного флотационного устройства (1a) для извлечения первого концентрата (81) и флотационные камеры (120) линии (10b) первичной флотации указанного по меньшей мере одного флотационного устройства (1b) для извлечения второго концентрата (82) расположены последовательно.

59. Флотационная установка по п.57 или 58, дополнительно содержащая устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат (82) отличается от первого концентрата (81).

60. Флотационная установка по п.59, в которой устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит стадию (64) измельчения, расположенную между первым флотационным устройством (1a) и вторым флотационным устройством (1b).

61. Флотационная установка по п.59, в которой установка для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит устройство (65) для добавления флотореагентов, расположенное между первым флотационным устройством (1a) и вторым флотационным устройством (1b).

62. Флотационная установка по любому из пп.55-61, в которой линия (10) первичной флотации содержит 10 камер первичной флотации, причем верхний продукт (51) из последней из камер первичной флотации может протекать в линию вторичной флотации, содержащую дополнительную камеру вторичной флотации, а нижний продукт (42) из дополнительной камеры вторичной флотации может протекать обратно в указанные 1-4 первые флотационные камеры линии (10) первичной флотации.

63. Флотационная установка по любому из пп.51-62, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, и/или Zn, и/или пирит, и/или металл из сульфида, такой как золото.

64. Флотационная установка по любому из пп.51-62, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащей Cu, из низкосортной руды.

65. Флотационная установка по любому из пп.51-62, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения Fe путем обратной флотации.

66. Способ флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, во флотационном устройстве по любому из пп.1-51, причем в указанном способе

подвергают пульпу последовательно по меньшей мере двум стадиям первичной флотации для разделения пульпы на первичный нижний продукт (40) и первичный верхний продукт (51a, 51b), причем первичный нижний продукт (40) из стадии первичной флотации направляют в последующую дополнительную стадию первичной флотации;

направляют по меньшей мере один первый первичный верхний продукт (51a) после стадии первичной флотации в по меньшей мере одну стадию первой вторичной флотации для извлечения первого концентрата (81); и

направляют по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт (51b) после дополнительной стадии первичной флотации в по меньшей мере одну стадию дополнительной вторичной флотации для извлечения первого концентрата (81),

отличающийся тем, что нижний продукт (42) из первой стадии вторичной флотации направляют в последнюю из указанной по меньшей мере одной стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт (51a, 51b), или в расположенную ниже по потоку стадию первичной флотации.

67. Способ флотации по п.66, в котором пульпу подвергают по меньшей мере трем стадиям первичной флотации, или от 3 до 10 стадий первичной флотации, или от 4 до 7 стадий первичной флотации.

68. Способ флотации по п.66 или 67, в котором указанный по меньшей мере один первичный верхний продукт (51a) направляют в 1-4 стадии первой вторичной флотации, или в 1 и 2 стадии первой вторичной флотации, или в одну стадию первой вторичной флотации.

69. Способ флотации по любому из пп.66-68, в котором указанный по меньшей мере один дополнительный первичный верхний продукт (51b) направляют в 1-4 стадии дополнительной вторичной флотации, или в 1 и 2 стадии дополнительной вторичной флотации, или в одну стадию дополнительной вторичной флотации.

70. Способ флотации по любому из пп.66-69, в котором поток пульпы направляют из одной стадии флотации к последующей стадии флотации под действием силы тяжести, или с помощью одного или более насосов с низким напором, или под действием силы тяжести и с помощью одного или более насосов с низким напором.

71. Способ флотации по любому из пп.66-70, в котором по меньшей мере один первичный верхний продукт (51b) направляют в по меньшей мере одну стадию (62) дополнительной обработки.

72. Способ флотации по п.71, в котором стадия (62) дополнительной обработки включает стадию (64) измельчения.

73. Способ флотации по п.71, в котором указанная по меньшей мере одна стадия (62) дополнительной обработки включает стадию дополнительной вторичной флотации, при этом нижний продукт (43) из указанной по меньшей мере одной стадии дополнительной вторичной флотации

направляют в стадию первичной флотации выше по потоку от указанной по меньшей мере одной стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт (51b); или

выводят из стадий флотации.

74. Способ флотации по п.73, в котором первичный верхний продукт (51a) из по меньшей мере двух стадий первичной флотации направляют в стадию дополнительной вторичной флотации, или первичный верхний продукт (51a) из по меньшей мере трех стадий первичной флотации направляют в стадию дополнительной вторичной флотации.

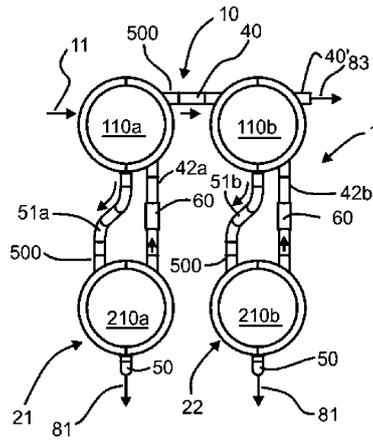
75. Способ флотации по любому из пп.66-74, в котором нижний продукт (42b) из второй стадии вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации ниже по потоку от стадии первичной флотации, из которой был получен верхний продукт (51b) во вторую стадию вторичной флотации.

76. Способ флотации по любому из пп.66-75, в котором нижний продукт (42a) из первой стадии вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации ниже по потоку от последней стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт (51a) в первую стадию вторичной флотации.

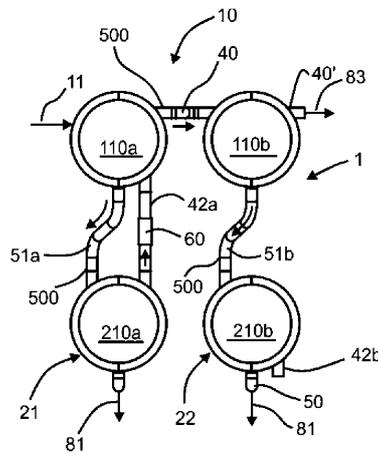
77. Способ флотации по любому из пп.66-76, в котором нижний продукт (42b) из второй стадии вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации ниже по потоку от последней стадии первичной флотации, из которой был получен первичный верхний продукт (51b) во вторую стадию вторичной флотации.

78. Способ флотации по любому из пп.66-77, в котором первичный верхний продукт (51a) из стадии первичной флотации направляют в две параллельные стадии вторичной флотации.

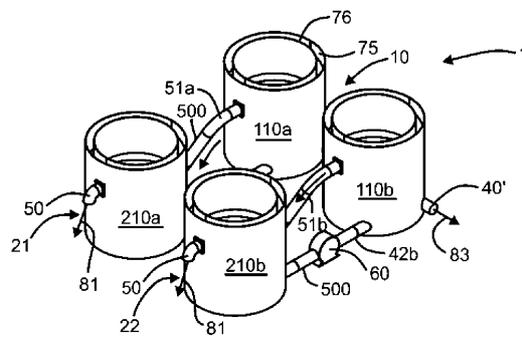
79. Способ флотации по любому из пп.66-78, в котором используют пенную флотацию.



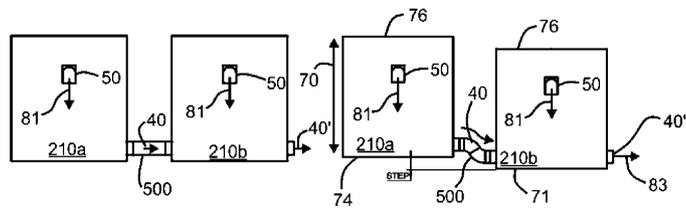
Фиг. 1а



Фиг. 1б

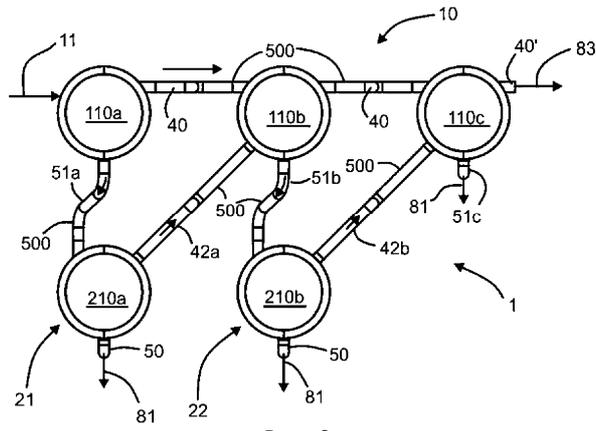


Фиг. 1с

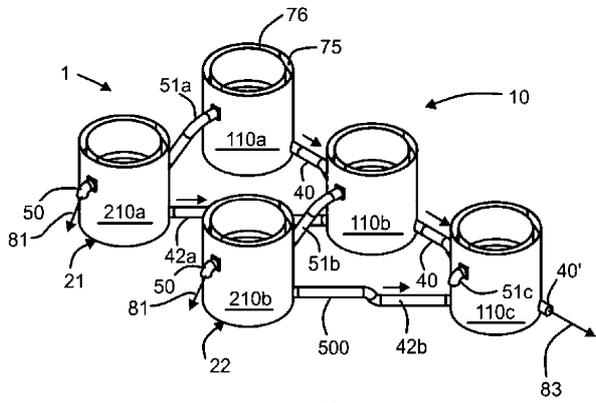


Фиг. 1д

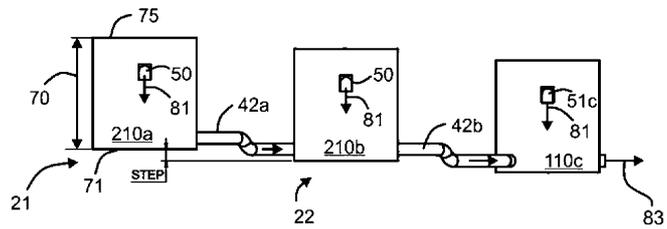
Фиг. 1е



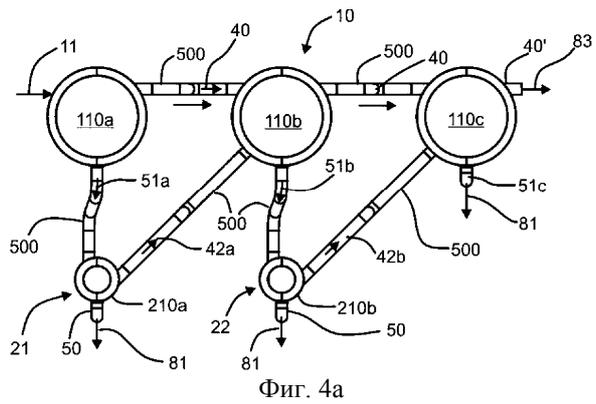
Фиг. 3а



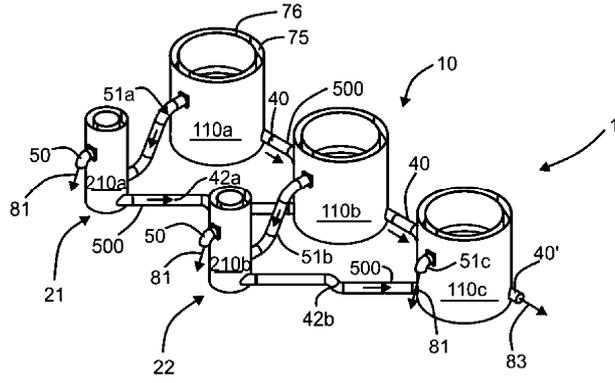
Фиг. 3б



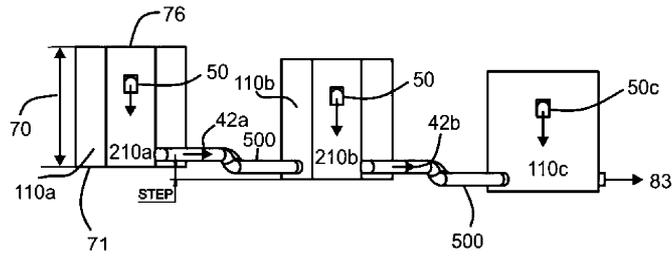
Фиг. 3с



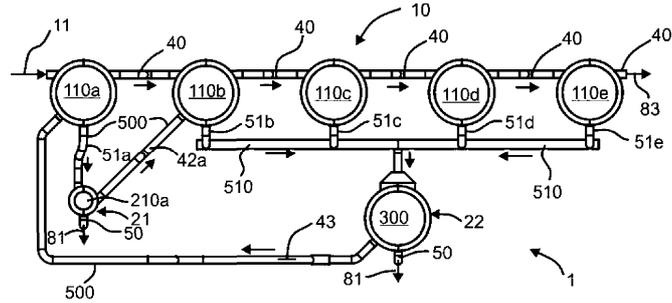
Фиг. 4а



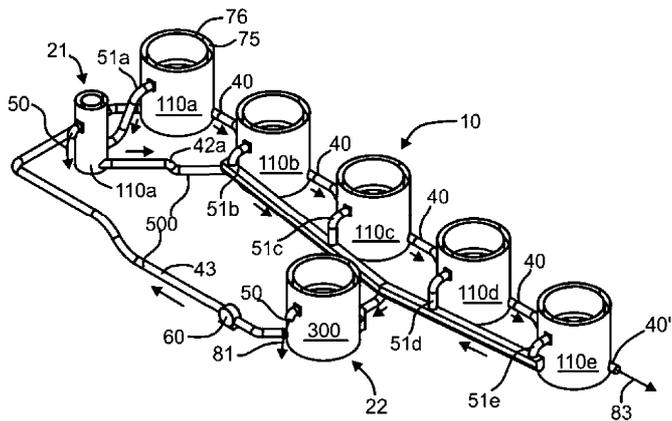
Фиг. 4b



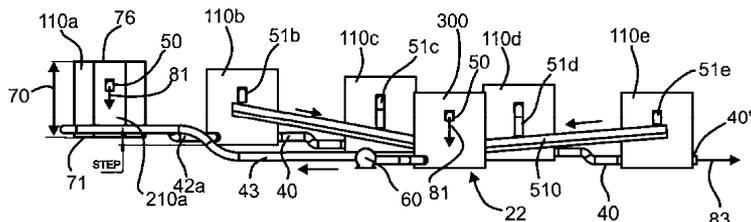
Фиг. 4c



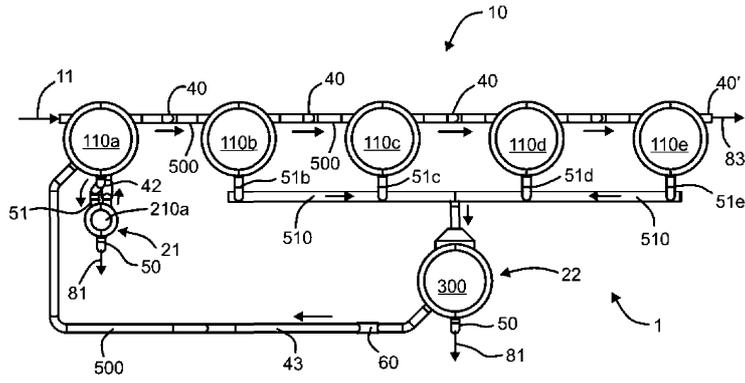
Фиг. 5a



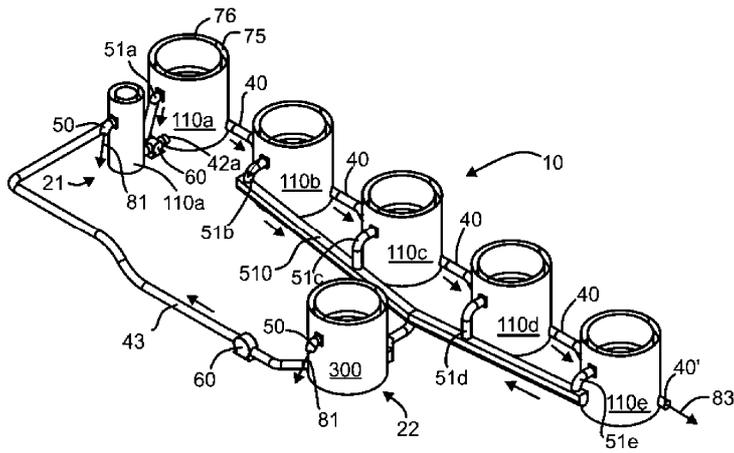
Фиг. 5b



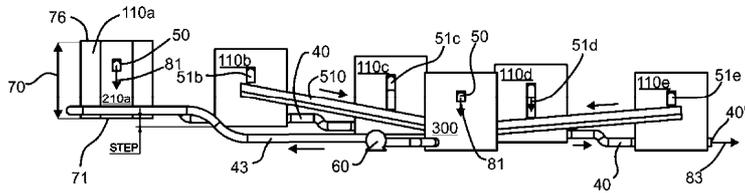
Фиг. 5c



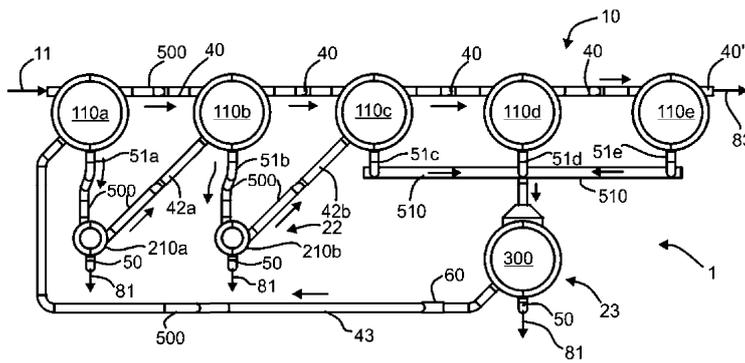
Фиг. 6а



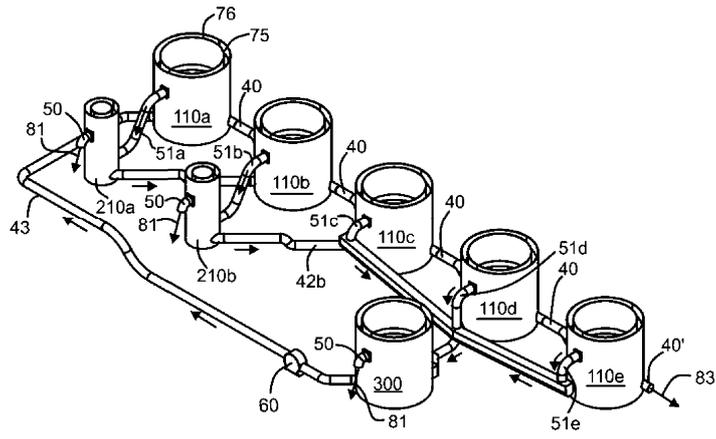
Фиг. 6b



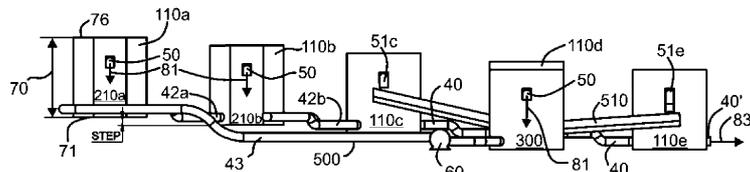
Фиг. 6с



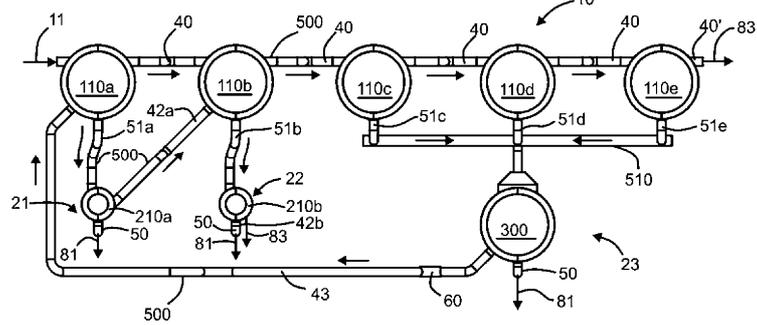
Фиг. 7а



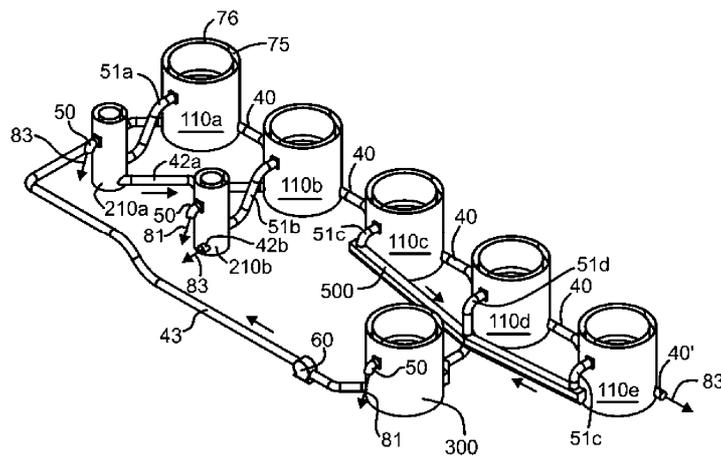
Фиг. 7b



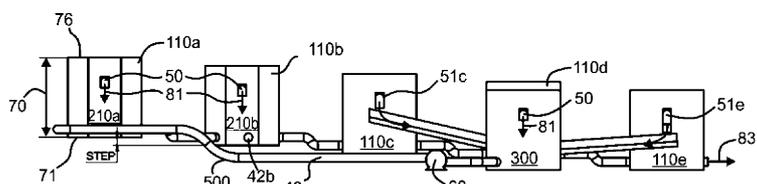
Фиг. 7c



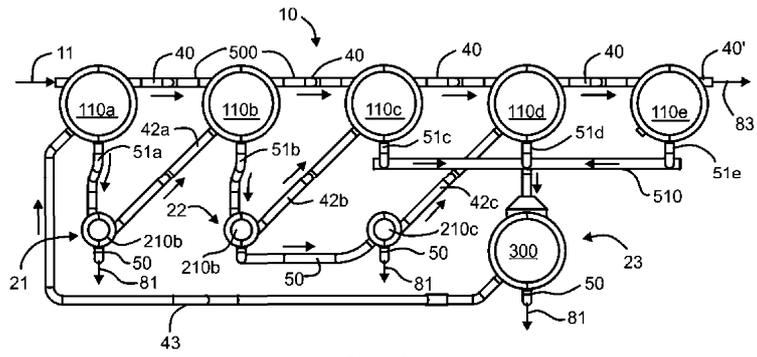
Фиг. 8a



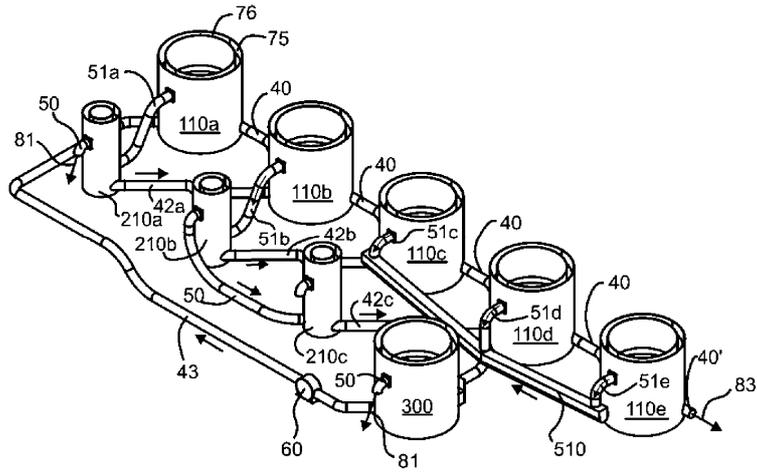
Фиг. 8b



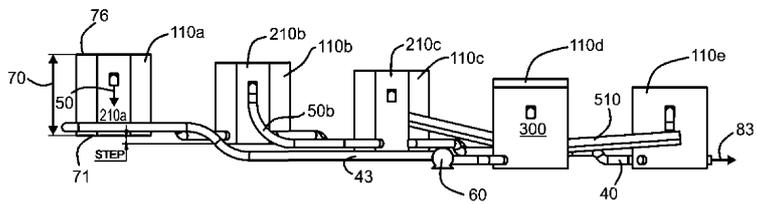
Фиг. 8c



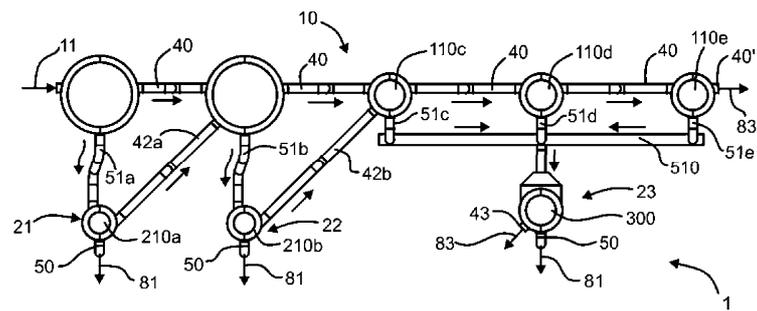
Фиг. 9а



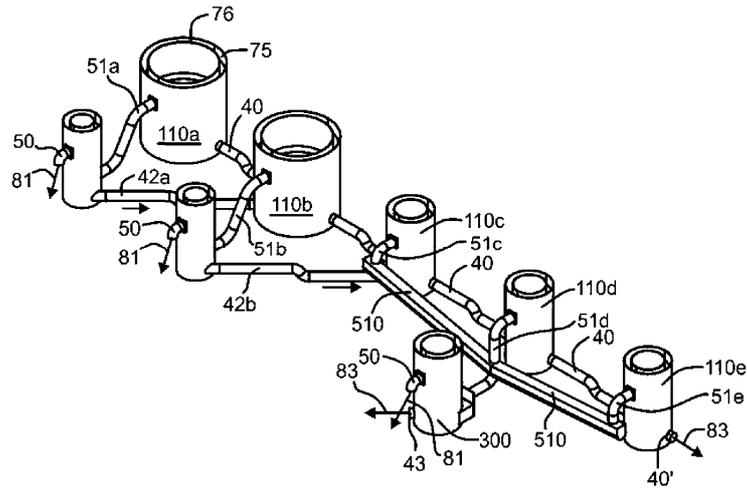
Фиг. 9b



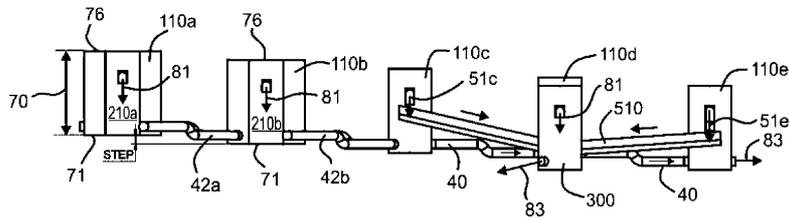
Фиг. 9с



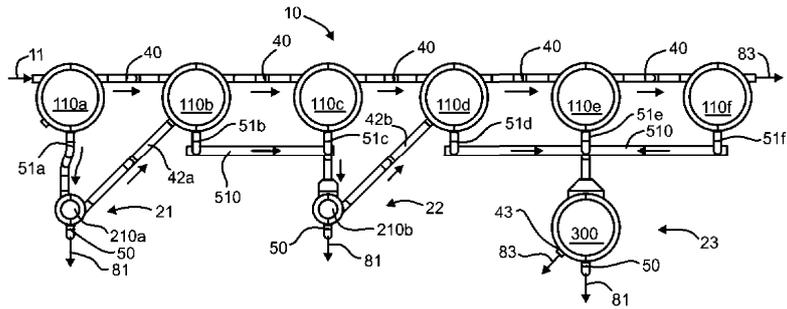
Фиг. 10а



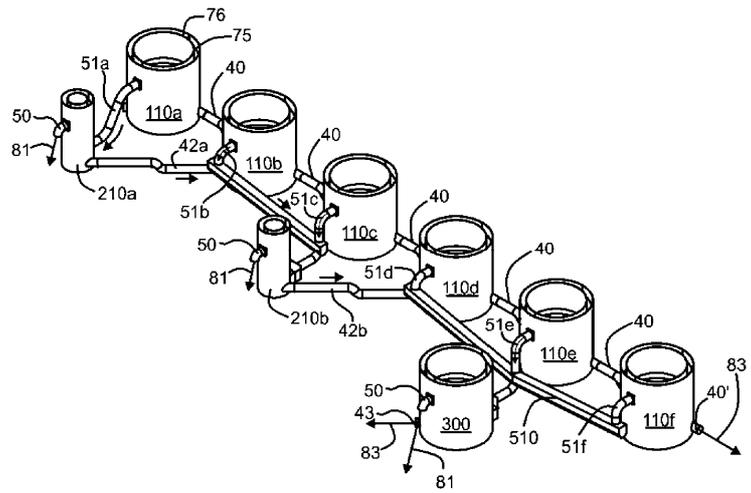
Фиг. 10b



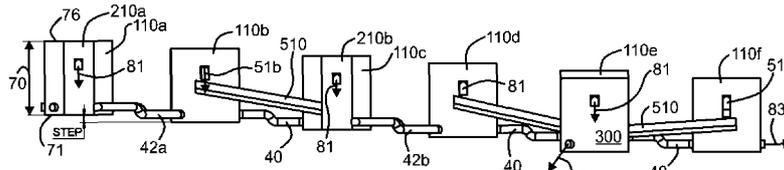
Фиг. 10c



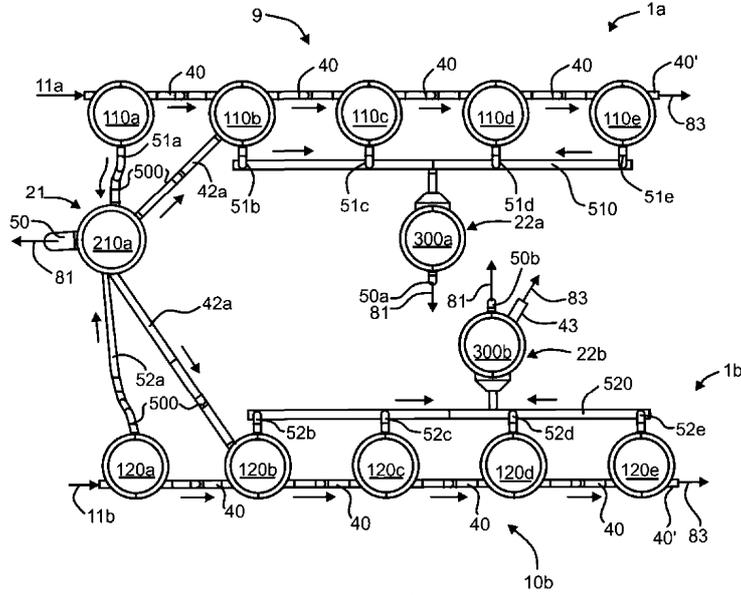
Фиг. 11a



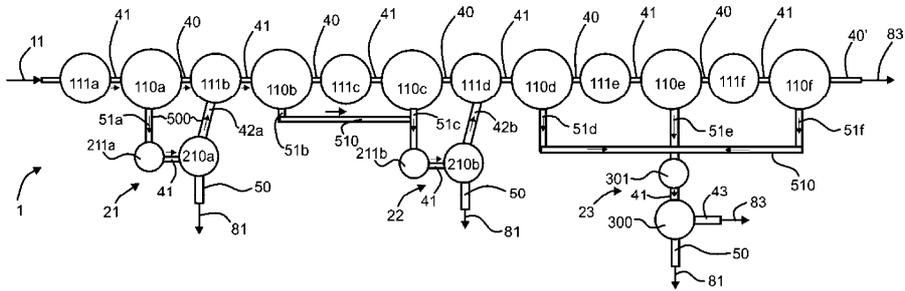
Фиг. 11b



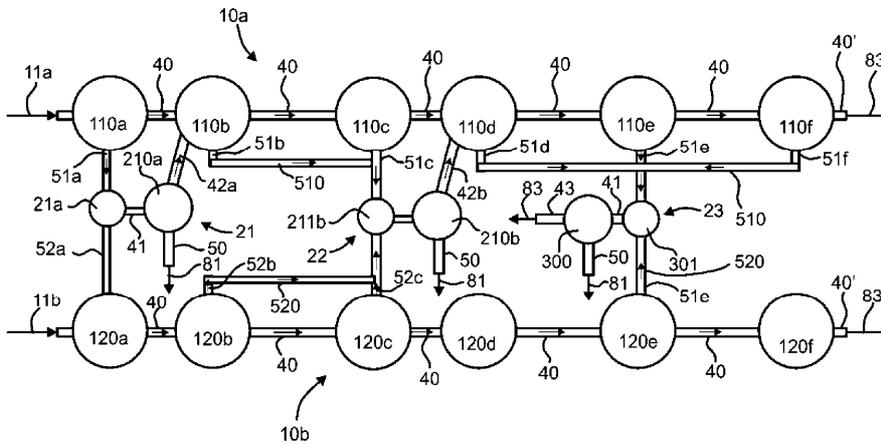
Фиг. 11с



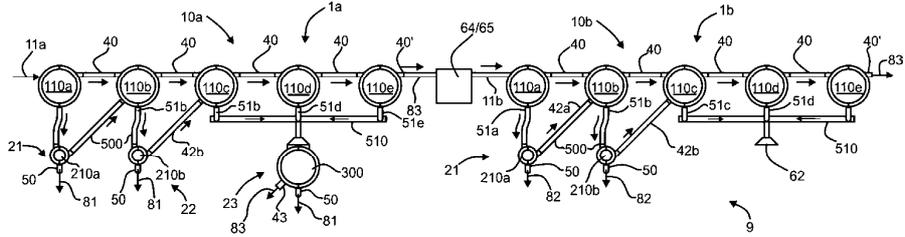
Фиг. 12



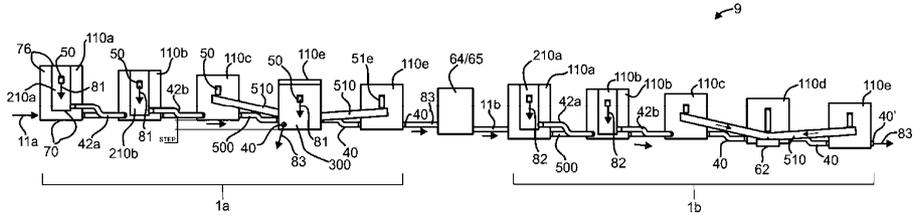
Фиг. 13а



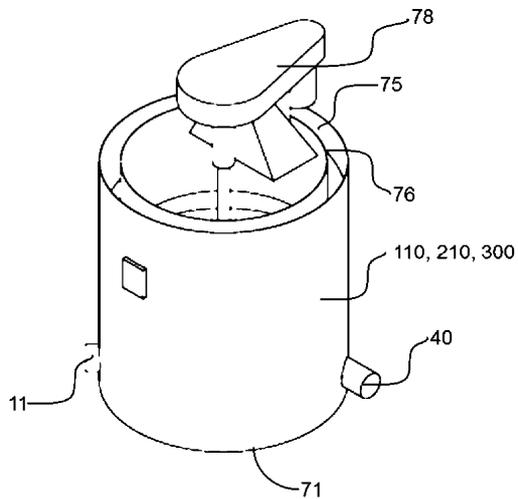
Фиг. 13б



Фиг. 14а



Фиг. 14б



Фиг. 15