

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039726**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.03.04

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

(21) Номер заявки
201991783

(22) Дата подачи заявки
2018.02.14

(54) ФЛОТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО

(31) PCT/FI2017/050094

(56) WO-A2-2015095054
US-A-5285972
US-A-5951875
WO-A1-2015162340

(32) 2017.02.15

(33) FI

(43) 2020.02.29

(86) PCT/FI2018/050108

(87) WO 2018/150094 2018.08.23

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

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

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

(57) Предложено флотационное устройство для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. Устройство содержит линию (10) первичной флотации с узлом (11) грубой флотации, содержащим по меньшей мере две флотационные камеры (111a, 111b) флотации, и с узлом (12) контрольной флотации, содержащим по меньшей мере две флотационные камеры (112a, 112b) флотации, и линию (20) вторичной флотации, содержащую по меньшей мере две флотационные камеры (210a, 210b). Первая камера (210a) вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта (51a) по меньшей мере из одной камеры (111a) первичной грубой флотации, а последующая камера (210b) вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта (51b) из указанной, по меньшей мере, последующей камеры (111b) первичной грубой флотации. Указанная последующая камера (210b) вторичной флотации расположена в проточном сообщении с предыдущей камерой (210a) вторичной флотации, при этом нижний продукт (42a) из первой камеры (210a) вторичной флотации может протекать в указанную последующую камеру (210b) вторичной флотации или может быть объединен с вторичным нижним продуктом (42b) из указанной последующей камеры вторичной флотации.

039726
B1

039726
B1

Область техники

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

Сущность изобретения

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

Применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п.48 формулы изобретения.

Флотационная установка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п.59 формулы изобретения.

Способ флотации, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п.69 формулы изобретения.

Предложено флотационное устройство для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. Флотационное устройство содержит флотационные камеры для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт. Разделение осуществляется с помощью флотационного газа. Флотационное устройство содержит линию первичной флотации, содержащую узел грубой флотации по меньшей мере с двумя камерами первичной флотации, соединенными последовательно и в проточном сообщении, причем верхний продукт из первой камеры первичной грубой флотации может протекать непосредственно во линию вторичной флотации, при этом линия первичной флотации также содержит узел контрольной флотации по меньшей мере с двумя камерами первичной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, причем верхний продукт из камер первичной контрольной флотации может протекать обратно в камеру грубой флотации в линии первичной флотации, или в стадию повторного измельчения, а затем в линию перемешивания контрольной флотации. В линии первичной флотации следующая флотационная камера выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предыдущей флотационной камеры. Линия вторичной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, причем в линии вторичной флотации первая камера вторичной флотации расположена в проточном сообщении по меньшей мере с одной камерой первичной грубой флотации и выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата. Флотационное устройство отличается тем, что в линии вторичной флотации последующая камера вторичной флотации расположена в проточном сообщении по меньшей мере с одной последующей камерой первичной грубой флотации и выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из указанной по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата; причем указанная последующая камера вторичной флотации расположена в проточном сообщении с предыдущей камерой вторичной флотации, а нижний продукт из первой камеры вторичной флотации может протекать в указанную последующую камеру вторичной флотации или может быть объединен со вторичным нижним продуктом из указанной последующей камеры вторичной флотации.

Применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с 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.

Предложен способ флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, на стадиях флотации, на которых пульпу разделяют на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа, причем пульпу подвергают первичной флотации, включающей по меньшей мере две стадии грубой флотации, последовательно соединенные и проточно сообщающиеся, причем первичный верхний продукт из первой стадии грубой флотации направляют в стадию вторичной флотации; первичная флотация также включает по меньшей мере две стадии контрольной флотации, последовательно соединенные и проточно сообщающиеся, причем первичный верхний продукт из стадии контрольной флотации направляют обратно в первые стадии грубой флотации или в стадию повторного измельчения, а затем в стадию перемешивания флотации, а в первичной флотации первичный нижний продукт из предыдущей стадии флотации направляют в следующую стадию флотации. В способе флотации пульпу также подвергают вторичной флотации, включающей по меньшей мере две проточно сообщающиеся стадии вторичной флотации, причем первичный верхний продукт по меньшей мере из первой стадии грубой флотации направляют в первую стадию вторичной флотации для извлечения первого концентрата, причем указанная по меньшей мере первая стадия грубой флотации и первая стадия вторичной флотации последовательно соединены и проточно сообщаются. Способ флотации отличается тем, что при вторичной флотации первичный верхний продукт по меньшей мере из одной последующей стадии грубой флотации направляют в последующую стадию вторичной флотации, последовательно соединенную и проточно сообщающуюся с указанной по меньшей мере одной последующей стадией грубой флотации для извлечения первого концентрата, причем указанная по меньшей мере одна последующая стадия грубой флотации и указанная последующая стадия вторичной флотации расположены последовательно и про-

точно сообщаются; при этом указанная последующая стадия вторичной флотации и предыдущая стадия вторичной флотации находятся в проточном сообщении друг с другом; а нижний продукт из первой стадии вторичной флотации направляют в последующую стадию вторичной флотации или объединяют со вторичным нижним продуктом из указанной последующей стадии вторичной флотации.

С помощью изобретения, описанного в настоящем документе, обработка пульпы может быть направлена 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 последующего 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.

По существу, частицы руды, содержащие относительно большое количество ценного минерала, обрабатываются только один раз в линии первичной флотации, что можно понимать как линию обработки, содержащую камеры грубой и/или контрольной флотации. Нижний продукт из камер первичной флотации направляется вниз по потоку вдоль линии первичной флотации, чтобы гарантировать, что как можно большее количество ценного минерального материала будет извлечено в первичной линии. В то же время верхний продукт из камер первичной флотации направляется в линию вторичной флотации, которую можно понимать как линию обработки, содержащую перечистные камеры для эффективного разделения любых нежелательных частиц из материала, извлеченного из флотационных камер линии первичной флотации. Путем направления вторичного нижнего продукта из первой камеры вторичной флотации ниже по потоку вдоль линии вторичной может быть также гарантировано извлечение большей части ценного минерального материала.

Кроме того, когда нижний продукт из камеры или камер первичной флотации или из камеры или камер вторичной флотации направляется вниз по потоку вдоль линии первичной или вторичной флотации в направлении потока пульпы или в первичный верхний продукт в линию вторичной флотации под действием силы тяжести, потребление энергии может быть сокращено, при этом все еще 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. Таким образом, повторная обработка потока пульпы в ряде 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.

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 линии 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 современным уровнем техники.

Предложенное 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 последующей обработки, которая может включать, например, повторное измельчение и/или очистку.

Организация 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 благодаря сокращению 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 следующую

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 первичной флотации линии первичной флотации может быть расположено выше дна следующей за ней последующей камеры первичной флотации (камеры первичной грубой или контрольной 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 следующими флотационными камерами, непосредственно проточно соединенными друг с другом. Созданная таким образом ступенька позволяет достичь гидростатического напора или перепада гидростатического давления (гидравлического градиента) между двумя следующими флотационными камерами, в результате чего поток пульпы из одной камеры в другую может быть реализован благодаря силе 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 по меньшей мере в 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 потока пульпы между любыми двумя следующими стадиями не теряется, при этом для управления потоком пульпы может использоваться только сила тяжести. Таким образом, первый первичный верхний продукт может быть отделен от последующего первичного верхнего продукта более низкого качества. Первый первичный верхний продукт может быть подвергнут флотации отдельно от последующего первичного верхнего продукта, что увеличивает извлечение частиц руды, содержащих ценный минерал.

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 или азота или любой другой подходящей среды. 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 пульпы), 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 выпускное отверстие в первую флотационную камеру линии флотации для инициации процесса флотации. Флотационное устройство может быть частью более крупной флотационной установки, содержащей одно или несколько флотационных устройств. Поэтому ряд различных устройств или стадий 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 следующую или последующую флотационную камеру в виде выпускного потока, вплоть до последней флотационной камеры линии флотации, из которой нижний продукт направляется из линии в виде потока хвостов или отходящего

потока. В связи со способом флотации, выполненном в соответствии с настоящим изобретением, под флотацией здесь подразумевается весь процесс флотации, происходящий на линии флотации.

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 следующих флотационных камер соединены друг с другом, так что выпускное отверстие первой флотационной камеры может быть соединено с впускным отверстием следующей 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 флотации, либо взаимосвязь между флотационной камерой линии первичной флотации и флотационной камерой в 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, флотомашинка Джеймсона или сдвоенная флотационная камера. В сдвоенной 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 флотационную камеру с псевдооживленным слоем (такую как камера Hydro-Float™), в которой пузырьки воздуха или другого флотационного газа, которые рассеиваются системой псевдооживления, просачиваются через зону затрудненного схватывания и прикрепляются к гидрофобному компоненту, изменяя его плотность и делая его достаточно плавучим, чтобы плавать и быть восстановленным. В псевдооживленном слое во флотационной камере осевое смешение не требуется. Флотационная камера также может относиться к типу, где механическая флотационная камера (т.е. флотационная камера, содержащая механическую мешалку или импеллер) содержит генератор микропузырьков для генерирования микропузырьков в пульпе внутри флотационной камеры. Распределение микропузырьков по размерам меньше, чем у обычных пузырьков флотационного газа, вводимых импеллером или другой системой подачи газа, которые обычно попадают в диапазон размеров 0,8-2 мм. Диапазон размеров микропузырьков может составлять 1 мкм - 1,2 мм. Микропузырьки могут вводиться генератором микропузырьков, содержащим систему рециркуляции пульпы или систему прямого разбрызгивания.

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 по меньшей мере из 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.

Все флотационные камеры флотационного устройства, выполненные в соответствии с изобретением, могут быть одного типа, т.е. флотационные камеры в узле грубой флотации, флотационные камеры в узле контрольной флотации и камеры вторичной флотации линии вторичной флотации могут представлять собой флотационные камеры одного типа, так что флотационное устройство содержит только один тип флотационных камер, как перечислено выше. В качестве альтернативы, несколько флотационных камер могут быть одного типа, тогда как другие камеры могут быть одного или нескольких типов, так что флотационное устройство содержит два или большее количество типов флотационных камер, как указано выше.

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-статор 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 флотационное устройство, 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 потока 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 грубой флотацией, узлом грубой флотации линии флотации, стадией грубой флотации и/или камерами грубой флотации в настоящем документе понимается стадия флотации, которая производит предварительный концентрат. Цель состоит в том, чтобы удалить максимальное количество ценного минерала с максимально возможным размером частиц. Для грубой флотации не требуется полное освобождение, только достаточное освобождение, чтобы высвободить достаточно породы из ценного минерала, чтобы получить высокое извлечение. Основной целью стадии грубой флотации является извлечение как мож-

но большего количества ценных минералов с меньшим акцентом на качество получаемого концентрата.

Предварительный концентрат обычно подвергают последующим стадиям перечистной флотации в линии перечистной грубой флотации с целью очистки от нежелательных минералов, которые также попадают в пену, в процессе, известном как перечистка. Продукт перечистки известен как перечистный концентрат или конечный концентрат.

Грубая флотация часто сопровождается контрольной флотацией, которая применяется к более грубым хвостам. Под контрольной флотацией понимается контрольный узел линии флотации, стадия контрольной флотации и/или камера контрольной флотации, целью которой является извлечение какого-либо ценного минерального материала, который не был извлечен во время начальной грубой стадии. Это может быть достигнуто путем изменения условий флотации, чтобы сделать их более строгими, чем первоначальная грубая обработка, или, в некоторых вариантах выполнения изобретения, путем введения микропузырьков в пульпу. Концентрат из контрольной камеры или стадии может быть возвращен в питание узла грубой флотации для повторного всплытия или направлен в стадию повторного измельчения, а затем в линию перечистной грубой флотации.

Под перечистной флотацией, перечистной линией узла грубой/контрольной флотации, перечистой/очистной стадией и/или перечистой камерой понимается стадия флотации, в которой цель перечистки заключается в получении максимально возможной сортности концентрата.

Под предварительной обработкой, и/или следующей обработкой, и/или последующей обработкой подразумевают, например, измельчение, истирание, разделение, просеивание, классификацию, разделение на фракции, зачистку или очистку, которые все являются обычными процессами, известными специалисту в данной области техники. Последующая обработка может также включать по меньшей мере одно из следующего: последующую камеру вторичной флотации, которая может представлять собой традиционную перечистную флотационную камеру, камеру полного извлечения, камеру грубой флотации или камеру контрольной флотации.

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 следующие 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 следующими 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 указанная по меньшей мере одна из камер вторичной флотации линии вторичной флотации расположена в непосредственном проточном сообщении с первой камерой первичной грубой флотации, из которой она может получать первичный 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, как описано выше.

В некоторых случаях традиционного процесса пенной флотации верхний продукт первой флотационной камеры может быть первоначально направлен в стадию повторного измельчения или в другую стадию последующей обработки, прежде чем он будет направлен в камеру вторичной флотации. Это особенно типично для традиционного процесса флотации, включающего стадию грубой или контрольной флотации, за которой следует стадия перечистной флотации.

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

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства узел грубой флотации в линии первичной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры или от 2 до 6 флотационных камер или

от 2 до 4 флотационных камер.

В одном варианте выполнения флотационного устройства узел контрольной флотации в линии первичной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры или от 2 до 6 флотационных камер или от 2 до 4 флотационных камер.

Наличие достаточного количества камер первичной флотации (камер первичной флотации узла грубой и/или контрольной флотации) позволяет получить высокую сортность для части концентрата и 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 всплывать, сводя, при этом, к минимуму требуемую энергию перекачки для достижения этой цели.

В одном варианте выполнения флотационного устройства линия вторичной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, или от 2 до 10 флотационных камер, или от 4 до 7 флотационных камер.

Даже небольшого количества камер вторичной флотации может быть достаточно для очистки верхнего продукта из камер первичной флотации до разумного уровня, т.е. 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 последующую обработку в линию первичной флотации для дальнейшего увеличения извлечения.

В одном варианте выполнения флотационного устройства количество камер вторичной флотации, расположенных последовательно в линии вторичной флотации, равно или меньше количества камер первичной флотации, последовательно соединенных в линии первичной флотации.

Верхний продукт из камеры или камер первичной флотации, поступающий в первую камеру или камеры вторичной флотации, может иметь более высокое качество (т.е. более высокую сортность), чем верхний продукт из камер первичной флотации, расположенных ниже по потоку в линии первичной флотации, поступающий в последующую камеру или камеры вторичной флотации линии вторичной флотации. Таким образом, от последующей камеры или камер вторичной флотации линии вторичной флотации может потребоваться больший объем для эффективной обработки пульпы. Кроме того, чрезмерная обработка в первой камере или камерах 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 камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из 1-3 камер первичной грубой флотации или из 1-2 камер первичной грубой флотации.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из не более чем двух камер первичной грубой флотации.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из не более чем одной камеры первичной грубой флотации.

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

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из последующей камеры вторичной флотации может протекать обратно в узел грубой флотации линии первичной флотации в точке, расположенной ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой указанная последующая камера вторичной флотации предназначена получать первичный перелив.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из последующей камеры вторичной флотации может протекать обратно в последующую камеру первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры первичной флотации, из которой указанная последующая камера вторичной флотации может получать первичный верхний продукт.

В еще одном варианте выполнения нижний продукт из последующей камеры вторичной флотации может быть объединен с верхним продуктом из меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой указанная последующая камера вторичной флотации может получать первичный верхний продукт.

В одном варианте выполнения флотационного устройства линия вторичной флотации также содержит дополнительную линию вторичной флотации, содержащую по меньшей мере одну дополнительную

камеру вторичной флотации, выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта по меньшей мере из одной последующей камеры первичной грубой флотации.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из указанной последующей камеры вторичной флотации может протекать в дополнительную камеру вторичной флотации.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства первая камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из первой камеры первичной грубой флотации, а дополнительная камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта по меньшей мере из двух последующих камер первичной грубой флотации.

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

Путем использования дополнительной камеры 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 также повышает эффективность извлечения пены из флотационного устройства и установки. Аналогичным образом, при использовании флотационного устройства при обратной флотации в нижнем продукте из линии первичной флотации может быть извлечено как можно большее количество частиц руды, составляющих 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.

Одновременно с уменьшением необходимости в перекачке нижний продукт из линии вторичной флотации становится эффективно повторно очищенным. После этой операции с дополнительной камерой вторичной флотации, действующей в качестве камеры полного извлечения, значительная часть частиц руды, содержащая ценный минерал, может эффективно всплывать. Из линии первичной флотации, в месте, где уже был удален высококачественный 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 стадию последующей обработки. Нижний продукт может быть особенно подходящим для стадии последующего измельчения.

Под дополнительной камерой вторичной флотации здесь подразумевается флотационная камера, из которой верхний продукт направляется из флотационного устройства, например, непосредственно в стадию последующей обработки, такую как стадия измельчения или стадия вспенивания. Нижний продукт из дополнительной камеры вторичной флотации может быть направлен обратно вверх по потоку в первую камеру первичной грубой флотации линии первичной флотации или в камеру первичной грубой флотации выше по потоку от той камеры первичной грубой флотации, из которой был получен верхний продукт в дополнительную камеру вторичной флотации; или наружу из флотационного устройства, либо в виде потока хвостов, направляемого на последующую 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 последующей камеры вторичной флотации может протекать в последнюю из указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт в указанную последующую камеру вторичной флотации, или в камеру первичной грубой флотации ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт в указанную последующую камеру вторичной флотации.

Когда нижний продукт из камер вторичной флотации возвращается вниз по потоку в линию первичной флотации в направлении потока пульпы, потребление энергии может быть сокращено, при этом все еще 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. Направляя нижний продукт из камеры вторичной флотации ниже по потоку, можно избежать энергоемкой перекачки. Таким образом, повторная обработка потока пульпы в ряде 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 последующей обработки в то место во флотационном устройстве, где аналогичная пульпа уже обрабатывается. Фактически, любая перекачка, необходимая для управления потоком пульпы, может быть сведена к минимуму, в то время как пульпа все еще направляется в несколько стадий обработки во флотационном устройстве. Кроме того, фракции пульпы с аналогичными или одинаковыми свойствами могут быть объединены для последующей обработки. Нижний продукт из линии первичной флотации, объединенный с нижним потоком из линии вторичной флотации, может иметь очень похожие свойства, например количество частиц руды, все еще содержащих ценный мине-

рал, или частиц руды с одинаковым распределением по размеру. Таким образом, операция процесса флотации может быть оптимизирована.

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

Первая камера первичной флотации может иметь концентрат более высокой сортности в своем верхнем продукте, чем более поздние камеры первичной флотации в линии первичной флотации. Верхние продукты из этих более поздних камер первичной флотации могут затем быть обработаны в меньших камерах вторичной флотации, таким образом, имея более короткое время флотации. Такая конструкция может обеспечить получение концентрата более высокой сортности также и из последующих камер вторичной флотации в линии вторичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства указанная последующая флотационная камера в линии вторичной флотации имеет больший объем, чем первая флотационная камера в линии вторичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первая камера первичной грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 150 м^3 , или по меньшей мере 500 м^3 , или по меньшей мере 2000 м^3 .

В одном варианте выполнения флотационного устройства вторая камера первичной грубой 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 грубой флотации могут обеспечивать высокую сортность.

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства первая камера вторичной флотации, находящаяся в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации, имеет объем от 100 до 2000 м^3 , предпочтительно 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 больше 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.

В одном варианте выполнения флотационного устройства последующая флотационная камера в линии вторичной флотации, находящаяся в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации, имеет объем от 100 до 2000 м^3 , предпочтительно, объем от 300 до 1000 м^3 .

Использование флотационных камер с объемным размером не менее 300 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.

В устройстве, в котором имеется линия вторичной флотации, очищающая верхний продукт из камеры первичной грубой флотации, и в котором нижний продукт из этой линии вторичной флотации направляется обратно в более позднюю камеру первичной грубой флотации ниже по потоку, от камеры первичной грубой флотации важно получить более высокую сортность, чем получить высокую степень извлечения частиц руды, содержащих ценный минерал, в верхнем продукте камеры первичной грубой флотации. 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. Несмотря на то что 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, так как более поздние камеры первичной грубой флотации гарантируют, что извлечение будет осуществлено. Поэтому могут быть использованы очень большие флотационные камеры объемом до 2000 м³. Однако использование флотационных камер размером более 1000 м³ не всегда может быть 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 может отрицательно влиять на степень извлечения.

С помощью флотационного устройства, выполненного в соответствии с вышеупомянутыми вариантами выполнения, можно производить или извлекать по меньшей мере некоторую часть концентрата с очень высокой сортностью.

Когда первые камеры первичной грубой флотации имеют относительно большой объем, в больших следующих флотационных камерах может и не быть необходимости, но, скорее флотационные камеры (первичной флотации или вторичной флотации) ниже по потоку от первой камеры или камер первичной грубой 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 первой камеры вторичной флотации, находящейся в проточном сообщении по меньшей мере с одной камерой первичной грубой флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, предпочтительно от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объем последующей флотационной камеры в линии вторичной флотации, находящейся в проточном сообщении по меньшей мере с одной камерой первичной грубой флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, предпочтительно от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации.

Под совокупным объемом в настоящем документе подразумевается совокупный объем камер первичной грубой флотации, из которой камера вторичной флотации получает первичный верхний продукт. Например, последующая камера вторичной флотации может получать первичные верхние продукты из более чем одной камеры первичной грубой флотации в линии первичной флотации. В этом случае совокупный объем представляет собой совокупный объем камер первичной грубой флотации.

В таких вариантах выполнения часть концентрата производится с высоким содержанием. Когда камеры вторичной флотации 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 камеры или камер вторичной флотации линии вторичной флотации в направлении потока пульпы, меньшей(их), чем размер флотационной камеры или камер в линии первичной флотации, может обеспечить повышение эффективности. Эффект может быть особенно выражен, если флотационная камера или 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 в линии вторичной флотации по меньшей мере на 20 или 30% меньше, чем указанная по меньшей мере одна камера первичной флотации в линии первичной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между по меньшей мере двумя проточно сообщающимися флотационными камерами перемещается под действием силы тяжести.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между первой камерой первичной грубой флотации и последующей камерой первичной грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между первой камерой вторичной флотации и последующей камерой вторичной флотации, перемещается под действием силы тяжести.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой вторичной флотации, проточно сообщающейся с камерой первичной грубой флотации, перемещается под действием силы тяжести.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между первой камерой первичной грубой флотации и первой камерой вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между последующей

камерой первичной грубой флотации и последующей камерой 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. В некоторых вариантах выполнения поток пульпы также может быть направлен с помощью насоса с низким напором или подходящей комбинацией этих двух - под действием силы тяжести и с помощью насоса с низким напором. Например, можно управлять потоком пульпы с помощью насоса с низким напором или под действием силы тяжести, когда нижний продукт из последующей камеры вторичной флотации может проходить к последней из камер первичной грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или в камеру первичной грубой флотации ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт.

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 первичный верхний продукт по меньшей мере из одной камеры первичной контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию повторного измельчения.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства объединенный первичный верхний продукт из камер контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию повторного измельчения.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объединенные вторичные верхние продукты по меньшей мере из двух камер вторичной флотации могут протекать в стадию последующей обработки.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из последней камеры первичной контрольной флотации может протекать в стадию последующей обработки или выходить из флотационного устройства в виде хвостов.

В одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из последней камеры вторичной флотации линии вторичной флотации может протекать в стадию последующей обработки или выходить из флотационного устройства в виде хвостов.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства стадия последующей обработки включает по меньшей мере одну стадию, выбранную из: стадии измельчения, стадии подготовки, стадии флотации.

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 используемая в связи с флотационным устройством и известная специалисту в данной области техники. 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 флотационное устройство содержит две линии первичной флотации, причем первая флотационная камеру в линии вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта из первых камер первичной грубой флотации обеих линий первичной флотации.

В таких устройствах можно иметь большой объем питания пульпы в линию вторичной флотации. Следовательно, может быть целесообразно использовать флотационные камеры большего объема также и в линии вторичной флотации, преимущества которых, в основном связанные с эффективностью, уже обсуждались ранее в этом описании.

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства третья камера первичной грубой флота-

ции, как и любая следующая камера первичной грубой флотации, расположенная после третьей камеры первичной грубой флотации, содержит камеру пенной флотации.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства первая камера первичной грубой флотации и вторая камера первичной грубой флотации в линии первичной флотации работают в качестве переливных флотационных камер.

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

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства флотационная камера, в которую подается флотационный газ, содержит импеллер.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства флотационный газ подается 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. Частицы минеральной руды, содержащие другие ценные минералы, такие как Pb, Pt, PGM (металлы платиновой группы - Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt), оксидные минералы, промышленные минералы, такие как Li (т.е. сподумен), петалит и редкоземельные минералы также могут быть извлечены в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения.

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.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для флотационного устройства, в котором первая камера первичной грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 150 м^3 , или по меньшей мере 500 м^3 , или по меньшей мере 2000 м^3 , причем поток пульпы перемещается под действием силы тяжести.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для флотационного устройства, в котором вторая камера первичной грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 100 м^3 , или по меньшей мере 300 м^3 , или по меньшей мере 500 м^3 , причем поток пульпы перемещается под действием силы тяжести.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для флотационного устройства, в котором поток пульпы между флотационными камерами в линии первичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для флотационного устройства, в котором поток пульпы между флотационными камерами в линии вторичной флотации, перемещается под действием силы тяжести.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для флотационного устройства, в котором поток пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой вторичной флотации, находящейся в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации, перемещается под действием силы тяжести.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для флотационного устройства, в которой поток пульпы между первой камерой первичной грубой флотации и первой камерой вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для флотационного устройства, в которой поток пульпы между последующей камерой первичной грубой флотации и последующей камерой вторичной флотации в линии вторичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, предназначен для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Fe, путем обратной флотации.

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 первое флотационное устройство для извлечения первого концентрата и по меньшей мере одно второе флотационное устройство для извлечения второго концентрата.

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

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

В одном варианте выполнения флотационной установки устройство для последующей 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 последующей 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 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 изобретением, 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 ощутимая 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 еще одном 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 прилипнуть 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, традиционный получаемый поток флотации в верхний продукт, а 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, выполненного в соответствии с изобретением,

пульпу подвергают по меньшей мере четырем стадиям первичной флотации или 3-10 стадиям первичной флотации или 4-7 стадиям первичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации пульпу подвергают по меньшей мере двум стадиям вторичной флотации или 2-10 стадиям вторичной флотации или 4-7 стадиям вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации первичный верхний продукт из 1-3 стадий грубой флотации или из 1-2 стадий грубой флотации направляют в стадию вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации первичный верхний продукт по меньшей мере из одной последующей стадии грубой флотации, и вторичный нижний продукт из указанной последующей стадии вторичной флотации направляют в дополнительную стадию вторичной флотации в линии вторичной флотации.

В еще одном варианте выполнения способа флотации первичный верхний продукт из первой стадии грубой флотации направляют в первую стадию вторичной флотации, а первичный верхний продукт по меньшей мере из двух последующих стадий грубой флотации направляют в дополнительную стадию вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации нижний продукт из стадии вторичной флотации направляют в первичную флотацию в последнюю из указанной по меньшей мере одной стадии грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или в стадию грубой флотации ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной стадии грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт.

В одном варианте выполнения способа флотации пенную флотацию используют по меньшей мере на одной стадии первичной флотации и/или по меньшей мере на одной стадии вторичной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации переливную флотацию используют на первой стадии грубой флотации или как на первой стадии грубой флотации, так и на второй стадии грубой флотации.

Краткое описание чертежей

Прилагаемые чертежи, которые включены для обеспечения дальнейшего 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. 1а изображает блок-схему для вариантов выполнения изобретения;
- фиг. 1b - блок-схему для вариантов выполнения изобретения;
- фиг. 2 - блок-схему для вариантов выполнения изобретения;
- фиг. 3 - блок-схему для вариантов выполнения изобретения;
- фиг. 4а - блок-схему деталей варианта выполнения, показанного на фиг. 1а;
- фиг. 4b - упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 4а;
- фиг. 4с - блок-схему альтернативных деталей варианта выполнения, показанного на фиг. 1а;
- фиг. 5а - блок-схему для еще одной детали флотационного устройства;
- фиг. 5b - упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 5а;
- фиг. 5с - упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть с направления камер вторичной флотации на фиг. 5а;
- фиг. 6а - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 6b - упрощенный схематический вид в аксонометрии варианта выполнения, показанного на фиг. 6а;
- фиг. 6с - упрощенный вид, показывающий относительное вертикальное размещение флотационных камер, если смотреть с направления камер вторичной флотации на фиг. 6а;
- фиг. 7 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 8 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 9 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 10 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 11 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 12 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 13 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 14 - блок-схему деталей варианта выполнения изобретения;
- фиг. 15 - блок-схему для вариантов выполнения флотационной установки, выполненной в соответствии с изобретением;
- фиг. 16 - 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 следующих иллюстративных вариантах выполнения в случае повторяющихся компонентов номера позиций будут сохраняться.

Приложенные фиг. 1а-14 чертежей иллюстрируют флотационное устройство 1 или подробно части А, В флотационного устройства 1, а фиг. 15 чертежей схематически иллюстрируют флотационную установку 9. На фиг. 16 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. Чтобы разместить фигуру чертежей на одной странице, некоторые связи между флотационными камерами, линиями флотации или флотационными устройствами представлены в виде графических линий непропорциональной длины, без соблюдения пропорций соединений фактических размеров. Прямое направление потока пульпы показано на чертежах стрелками.

Несмотря на то что флотация раскрывается в следующих 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-б, 2, 3 и 4а-с. При прочтении следующего 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 камеру 111а первичной грубой флотации линии 10 первичной флотации поступает поток пульпы, т.е. входящий поток 100 пульпы, содержащий частицы руды, воду и, в некоторых случаях, флотореагенты, такие как химические реагенты - собиратели, и флотореагенты, не предназначенные быть собирателями. Типичная флотационная камера 111, 112, 210, 300 представлена на фиг. 16. Флотационная камера может содержать импеллер 78 в форме механической мешалки, как показано на фиг. 16, 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 традиционная 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 также 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 111, 112, 210, 300 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 111, 112, 210, 300.

Пузырьки газа могут образовывать слой пены. Пена, собранная на поверхности пульпы во флотационной камере 111, 112, 210, 300, содержащая газовые пузырьковые агломераты рудных частиц, выпускается из флотационной камеры 111, 112, 210, 300 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 111а, 111б первичной грубой флотации частицы ру-

ды, 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 50a, 50b собирается аналогичным образом. Под переливной кромкой 76 в настоящем документе подразумевается периферийный край флотационной камеры 111, 112, 210, 300 в верхней части камеры, над которой пенный верхний продукт с частицами ценного материала протекает в желоб 75.

Верхний продукт 50a, 50b из линии 20 вторичной флотации извлекается в виде первого концентрата 81. Первый концентрат 81 частиц руды, содержащий ценный минерал, находится в форме текучей среды, которая направляется в последующие линии или стадии флотации, в соответствии с вариантами выполнения изобретения, или для другой последующей обработки, в соответствии с решениями, известными в данной области техники.

Из области, расположенной рядом с дном 71 флотационной камеры, порода или часть пульпы, содержащая частицы руды, которые не поднимаются на поверхность пульпы, выводятся из камеры 111a первичной грубой флотации в виде нижнего продукта 40. Нижний продукт 40 направляют в следующую камеру 111b первичной грубой флотации, которая получает нижний продукт 40 в виде питания из предыдущей камеры 111a первичной грубой флотации. Пульпа обрабатывается в следующей камере 111b первичной грубой флотации так же, как в первой камере 111a первичной грубой флотации, способом, хорошо известным специалисту в данной области.

Линия 10 первичной флотации содержит узел 11 грубой флотации, по меньшей мере с двумя флотационными камерами 111a, 111b, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, за которым следует узел 12 контрольной флотации по меньшей мере с двумя флотационными камерами 112a, 112b, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении. Последняя камера 111e первичной грубой флотации соединена последовательно и расположена в проточном сообщении с первой камерой 112a первичной контрольной флотации, при этом камеры 111 первичной флотации узла 11 грубой флотации и камеры 112 первичной флотации узла 12 контрольной флотации, таким образом, содержат непрерывную линию обработки. Верхний продукт 51a из первой камеры 111a первичной грубой флотации может быть направлен непосредственно в линию 20, 30 вторичной флотации.

Верхний продукт 52 из камер 112a-d первичной контрольной флотации протекает обратно в камеру 111a-f грубой флотации (см. фиг. 3). В качестве альтернативы, верхний продукт 52 из камер 112a-d первичной контрольной флотации может протекать в стадию 64 повторного измельчения, а затем в линию перечистной контрольной флотации (см. фиг. 1a, 1b, 2).

Первичный верхний продукт 52 по меньшей мере из одной камеры 112 первичной контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию 64 повторного измельчения. В одном варианте выполнения объединенный первичный верхний продукт 52 из камер 112 первичной флотации узла 12 контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию 64 измельчения.

Линия 10 первичной флотации может содержать по меньшей мере четыре флотационные камеры 111, 112. В качестве альтернативы, линия 10 первичной флотации может содержать от 4 до 10 флотационных камер 111, 112. В качестве альтернативы, линия 10 первичной флотации может содержать от 4 до 7 флотационных камер 111, 112. Узел 11 грубой флотации может содержать по меньшей мере две камеры 111a, 111b первичной флотации. В качестве альтернативы, узел 11 грубой флотации может содержать от 2 до 6 камер 111a-f первичной флотации. В качестве альтернативы, узел 11 грубой флотации может содержать от 2 до 4 камер 111a-d первичной флотации. Узел 12 контрольной флотации может содержать по меньшей мере две камеры 112a-b первичной флотации. В качестве альтернативы, узел 12 контрольной флотации может содержать от 2 до 6 камер 112a-d первичной флотации. В качестве альтернативы, узел 12 контрольной флотации может содержать от 2 до 4 камер 112a-d первичной флотации. Варианты выполнения изобретения, содержащие различное количество флотационных камер в линии 10 первичной флотации, представлены в разделе "Примеры" настоящего описания.

Камеры 111a-f, 112a-d первичной грубой и/или контрольной флотации соединены последовательно. Проточное соединение может быть реализовано с помощью трубопровода 500 (трубы или трубки, как показано на чертежах), так что последовательные флотационные камеры 111a-f, 112a-d первичной флотации расположены на некотором расстоянии друг от друга. В качестве альтернативы, любые две соседние или последовательные флотационные камеры 111a-f, 112a-d первичной флотации могут быть непосредственно соединены, так что между двумя флотационными камерами 111a-e, 112a-e не требуется отдельного трубопровода (не показано на чертежах).

В вариантах выполнения изобретения, в которых линия 10 первичной флотации содержит более двух камер 111a-f первичной грубой флотации, все соседние или следующие камеры 111a-f, 112a-d первичной флотации могут быть расположены в проточном соединении с трубопроводами 500, расположенными между флотационными камерами для направления нижнего продукта 40 из одной флотационной

камеры в следующую флотационную камеру. В качестве альтернативы, все флотационные камеры 111a-f, 112a-d могут быть расположены в непосредственном соединении камер с соседними флотационными камерами. В качестве альтернативы, некоторые из соседних флотационных камер 111a-f, 112a-d могут быть расположены в непосредственном соединении с соседними флотационными камерами, тогда как другие соседние флотационные камеры могут иметь трубопровод 500 для выполнения проточного соединения. Расположение и конструкция линии 10 первичной флотации могут зависеть от общих требований процесса и от физического расположения флотационного устройства 1.

Кроме того, первая флотационная камера 210a в линии 20 вторичной флотации, также как и последующая флотационная камера 210b в линии 20 вторичной флотации может быть расположена в непосредственном проточном сообщении с первой камерой 111a, 111b первичной грубой флотации, из которой камера 210a, 210b вторичной флотации получает верхний продукт 51a, 51b, т.е. между линией 10 первичной флотации и линией 20 вторичной флотации отсутствуют какие-либо стадии последующей обработки, такие как стадия измельчения или стадия подготовки.

Из последней камеры 112d первичной контрольной флотации линии 10 флотации нижний продукт 40' (который может представлять собой отходящий поток при прямой флотации или получаемый поток при обратной флотации) выводится из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, который может быть далее обработан любым подходящим способом, известным в данной области техники.

Первая камера 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 150 м³. В качестве альтернативы, первая камера 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 500 м³. В качестве альтернативы, первая камера 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере, 2000 м³.

Вторая камера 111b первичной грубой флотации или любая из следующих камер 111b-f первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 100 м³. В качестве альтернативы, вторая камера 111b первичной грубой флотации или любая из следующих камер 111b-f первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 300 м³. В качестве альтернативы, вторая камера 111b первичной грубой флотации или любая из следующих камер 111b-f первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 500 м³.

В вариантах выполнения изобретения вторая камера 111b первичной грубой флотации, некоторые из следующих камер 111b-f первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации или все следующие камеры 111b-f первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации могут иметь такой же объем, как и первая камера 111a первичной грубой флотации (см. фиг. 12). В вариантах выполнения изобретения вторая камера 111b первичной грубой флотации, некоторые из следующих камер 111b-f первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации или все следующие камеры 111b-f первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации могут иметь меньший объем, чем первая камера 111a первичной грубой флотации (см. фиг. 11).

Первичный верхний продукт 51a из первой камеры 111a первичной грубой флотации направляется в первую флотационную камеру 210a в линии 200 вторичной флотации. Первая камера 210a вторичной флотации расположена в непосредственном проточном сообщении по меньшей мере с одной первой камерой 111a первичной грубой флотации. Первая камера 210a вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51a по меньшей мере из одной первой камеры 111a первичной грубой флотации в виде питания для извлечения первого концентрата 81, содержащего частицы руды с ценным минералом или минералами. Первая камера 210a вторичной флотации, как и любые другие камеры вторичной флотации, работает на стандартных принципах флотации, как описано ранее в этом описании. Верхний продукт 50a из первой камеры 210a вторичной флотации собирается в виде первого концентрата 81, который затем может быть направлен в любую подходящую стадию последующей обработки, известную в данной области техники. Линия 20 вторичной флотации содержит по меньшей мере две проточно сообщающиеся флотационные камеры 210. В одном варианте выполнения линия 20 вторичной флотации может содержать от 2 до 10 проточно сообщающихся флотационных камер 210a-210j. В одном варианте выполнения линия 20 вторичной флотации может содержать от 4 до 7 флотационных камер 210a-g. В другом варианте выполнения линия 20 вторичной флотации может содержать три флотационные камеры 210a-c.

В линии 20 вторичной флотации первая флотационная камера 210a расположена в проточном сообщении по меньшей мере с одной камерой 111a первичной грубой флотации и предназначена для получения первичного верхнего продукта 51a по меньшей мере из одной камеры 111a первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата 81. Последующая камера 210b вторичной флотации расположена в проточном сообщении по меньшей мере с одной последующей камерой 111b первичной грубой флотации и выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b из указанной по меньшей мере одной последующей камеры 111b первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата. Указанная последующая камера 210b вторичной флотации расположена в проточном сооб-

шении с предыдущей камерой 210а вторичной флотации.

Указанные последующие флотационные камеры 210б-с в линии 20 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом, или же они могут быть расположены в проточном соединении друг с другом через трубопровод или трубопроводы 500. В одном варианте выполнения все смежные флотационные камеры 210а-с в линии 20 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом; в качестве альтернативы, все смежные камеры 210а-с вторичной флотации могут быть расположены в проточном соединении через трубопроводы 500; в качестве альтернативы, некоторые из соседних камер 210а-с 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. 4а, вторичный нижний продукт 42а из первой камеры 210а вторичной флотации может протекать в последующую камеру 210б вторичной флотации. В качестве альтернативы, нижний продукт 42а из первой камеры 210а вторичной флотации может быть объединен с вторичным нижним продуктом 42б из указанной последующей камеры 210б вторичной флотации (на чертежах не показано).

Первая флотационная камера 210а в линии 20 вторичной флотации, проточно сообщающаяся с камерой 111а первичной грубой флотации, имеет объем от 100 до 2000 м³. В качестве альтернативы, первая флотационная камера 210а в линии 20 вторичной флотации, проточно сообщающаяся с камерой 111а первичной грубой флотации, может иметь объем от 400 до 1000 м³.

Объем первой флотационной камеры 210а в линии 20 вторичной флотации, проточно сообщающейся по меньшей мере с одной камерой 111а первичной грубой флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 111а первичной грубой флотации. В качестве альтернативы, объем первой флотационной камеры 210а в линии 20 вторичной флотации, проточно сообщающейся по меньшей мере с одной камерой 111а первичной грубой флотации, может составлять от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 111а первичной грубой флотации (см. фиг. 4с).

Под совокупным объемом в документе подразумевается объединенный объем камер 111а первичной грубой флотации, из которых первая камера 210а вторичной флотации получает верхний продукт 51а. Например, первая камера 210а вторичной флотации может получать верхние продукты 51а из более чем одной камеры 111 первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации. В этом случае совокупный объем представляет собой объединенный объем камер 111 первичной грубой флотации.

По меньшей мере одна последующая камера 210б вторичной флотации расположена ниже по потоку от первой камеры 210б вторичной флотации. Указанная последующая камера 210б вторичной флотации расположена в непосредственном проточном сообщении по меньшей мере с одной последующей камерой 111б первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации. Указанная последующая камера 210б вторичной флотации в линии 20 вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51б из указанной по меньшей мере одной последующей камеры 111б первичной грубой флотации. Указанная последующая камера 210б вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51б из указанной по меньшей мере одной последующей камеры 111б первичной грубой флотации в виде питания для извлечения первого концентрата 81, содержащего частицы руды с ценным минералом или минералами. Указанная последующая камера 210б вторичной флотации, как и любая другая камера 210 вторичной флотации, работает на стандартных принципах флотации, как описано ранее в этом описании. Верхний продукт 50б из камеры 210б вторичной флотации собирается в виде первого концентрата 81, что может затем привести к любой подходящей стадии последующей обработки, известной в данной области техники.

Количество флотационных камер 210, расположенных последовательно в линии 20 вторичной флотации, может быть равным (тем же самым) количеству камер 111 первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации. В некоторых вариантах выполнения количество флотационных камер 210 в линии 22 вторичной флотации может быть меньше, чем число камер 111 первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации.

Камера 210а, 210б вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51а, 51б из 1-3 камер 111 первичной грубой флотации. В одном варианте выполнения камера 210а, 210б вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51а, 51б из 1-2 камер 111а, 111б первичной грубой флотации. В одном варианте выполнения камера 210а, 210б вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51а, 51б не более чем из двух камер 111а, 111б первичной грубой флотации. В одном варианте выполнения камера 210а вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51а из одной камеры 111а первичной грубой флотации.

В качестве альтернативы или дополнительно, указанная последующая камера 210б вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51б, 51с по

меньшей мере из двух камер 111b, 111c первичной грубой флотации (см. фиг. 12). Указанная последующая камера 210b вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b-d из 1-4 камер 111b-d первичной грубой флотации. В одном варианте выполнения указанная последующая камера 210b вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b-d из 1-2 камер 110b-c первичной грубой флотации. Один вариант выполнения, в котором указанная последующая камера 210b вторичной флотации получает первичный верхний продукт 51b из одной камеры 111b первичной грубой флотации, изображен, например, на фиг. 1a-b и 2a-c.

Нижний продукт 42b из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации может протекать обратно в узел 11 грубой флотации в линии 10 первичной флотации в месте ниже по потоку от той камеры 111b первичной грубой флотации, из которой указанная последующая камера 210b вторичной флотации может получать первичный верхний продукт 51b (см. фиг. 1a). В одном варианте выполнения нижний продукт 42b из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации может протекать обратно в последующую камеру 110c первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111b первичной грубой флотации, из которой указана последующая камера 210b вторичной флотации может получать первичный верхний продукт 51b (см. фиг. 6a, 9). В одном варианте выполнения нижний продукт 42b из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации может быть объединен с верхним продуктом 51 по меньшей мере из одной последующей камеры 111c первичной грубой флотации ниже по потоку от той камеры 111b первичной грубой флотации, из которой указанная последующая камера 210b вторичной флотации может получать первичный верхний продукт 51b (см. фиг. 1b).

В одном варианте выполнения нижний продукт 42c из последней последующей флотационной камеры 210c в линии 20 вторичной флотации может быть объединен с верхним продуктом 52a из камеры 112a первичной контрольной флотации или с объединенными верхними продуктами 52a-d из двух или более камер 112a-d первичной контрольной флотации в узле 12 контрольной флотации, как показано на фиг. 2 (сплошная линия). Это связано с тем, что качество в смысле количества ценных минеральных частиц, все еще присутствующих в нижнем продукте 42c, близко или аналогично качеству верхнего продукта(ов) 52 в линии 12 контрольной флотации, и поэтому два потока могут быть вместе направлены на последующую обработку, например повторное измельчение 64. Это может повысить эффективность флотационного устройства 1, а также привести к экономии энергопотребления, так как количество отдельных стадий последующей обработки может быть уменьшено.

В качестве альтернативы, в зависимости от минералогического состава нижнего продукта 42c, он также может быть направлен в узел 12 контрольной флотации флотационного устройства 1 для обработки контрольной флотацией. Нижний продукт 42c может быть направлен в камеру 112a первичной контрольной флотации, либо непосредственно во флотационную камеру, либо в трубопровод между двумя камерами 111, 112 первичной флотации. На фиг. 2 показан один вариант выполнения, в котором нижний продукт 42c направляется в трубопровод между последней камерой 111e первичной грубой флотации и первой камерой 112a первичной контрольной флотации для объединения с нижним продуктом 40 узла 11 грубой флотации (пунктирная линия). Возможно, что нижний продукт 42c также может быть направлен в трубопровод между любыми двумя камерами 112a-d первичной контрольной флотации для обработки в камере первичной контрольной флотации. Вышеуказанные варианты выполнения могут быть особенно полезными, если качество нижнего продукта 42c из линии 20 вторичной флотации таково, что он требует последующей флотации для эффективного извлечения ценных минеральных частиц из потока пульпы.

Указанная последующая флотационная камера 210b в линии 20 вторичной флотации, находящаяся в непосредственном проточном сообщении с камерой 111 первичной грубой флотации, например, с камерой 111b первичной грубой флотации, имеет объем от 100 до 1000 м³. В качестве альтернативы, указанная последующая флотационная камера 210b в линии 20 вторичной флотации, находящаяся в непосредственном проточном сообщении с камерой 111 первичной грубой флотации, например, с камерой 111b первичной грубой флотации, может иметь объем от 300 до 1000 м³.

Объем указанной последующей флотационной камеры 210b в линии 20 вторичной флотации, проточно сообщающейся по меньшей мере с одной камерой 111 первичной грубой флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 111 первичной флотации. В качестве альтернативы, объем указанной последующей флотационной камеры 210b в линии 20 вторичной флотации, проточно сообщающейся по меньшей мере с одной камерой 111 первичной грубой флотации, составляет от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 111 первичной флотации (см. фиг. 4c).

Под совокупным объемом здесь подразумевается совокупный объем камер 111 первичной флотации, из которых камера 210b вторичной флотации получает верхний продукт 51. Например, указанная последующая камера 210b вторичной флотации может получать верхний продукт 51b, 51c из камер 111b, 111c первичной флотации в линии 10 первичной флотации (см. фиг. 12). В этом случае совокупный объем представляет собой совокупный объем камер 111b, 111c первичной флотации.

В одном варианте выполнения первая флотационная камера 210a в линии 20 вторичной флотации имеет больший объем, чем указанная последующая флотационная камера 210b в линии 20 вторичной

флотации.

В одном варианте выполнения указанная последующая флотационная камера 210b в линии 20 вторичной флотации имеет больший объем, чем первая флотационная камера 210a в линии 20 вторичной флотации.

Последующие флотационные камеры 210b, 210c в линии 20 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом, или же они могут быть расположены в проточном соединении друг с другом через трубопровод или трубопроводы 500. В одном варианте выполнения все смежные флотационные камеры 210 в линии 20 вторичной флотации могут быть расположены в непосредственном соединении камер друг с другом; в качестве альтернативы, все смежные камеры 210 вторичной флотации могут быть расположены в проточном соединении через трубопроводы 500; в качестве альтернативы, некоторые из смежных камер 210 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.

Из области, расположенной вблизи дна 71 флотационной камеры, из первой камеры 210a вторичной флотации в виде нижнего продукта 42a выводится порода или часть пульпы, содержащая частицы руды, которые не поднимаются на поверхность пульпы. Нижний продукт 42a направляется в последующую или следующую камеру 210b вторичной флотации, которая получает нижний продукт 42a в виде питания из предыдущей камеры 210a вторичной флотации. Пульпа обрабатывается в последующей или следующей камере 210b вторичной флотации, так же как и в первой камере 210a вторичной флотации, способом, хорошо известным специалисту в данной области техники.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42b из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации может протекать в последнюю из указанной по меньшей мере одной камеры 111 первичной грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b, или в камеру 110c первичной грубой флотации (см. фиг. 6a-c, 9) ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной камеры 51b первичной грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b. Нижний продукт 42b может быть направлен в трубопровод 500, предшествующий камере 111 первичной грубой флотации, в которую должен быть направлен нижний продукт 42b (см. фиг. 1b), или в сборный трубопровод 510, который собирает верхний продукт из нескольких камер 111 первичной грубой флотации (см. фиг. 1a), или непосредственно в камеру первичной грубой флотации (см., например, фиг. 6a).

В одном варианте выполнения нижний продукт 42' из последней флотационной камеры в линии 20 вторичной флотации может вытекать из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации в виде потока 83 хвостов.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42b может протекать в камеру 111c первичной грубой флотации ниже по потоку от той камеры 111b первичной грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b. Нижний продукт 42b может протекать непосредственно в камеру 111b, 111c первичной грубой флотации или в трубопровод 500, предшествующий камере 111b, 111c первичной грубой флотации.

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51a из камеры 111a первичной грубой флотации может протекать в две параллельные камеры 210a вторичной флотации. Этот вариант выполнения не показан на чертежах. Такой вариант выполнения может быть легко реализован, например, в варианте выполнения, представленном на фиг. 5a, путем размещения второй первой камеры 210a вторичной флотации вблизи или рядом с единственной камерой 210a вторичной флотации и направления верхнего продукта 51a через сборный трубопровод 510 в две параллельные камеры 210a вторичной флотации. Первый концентрат 81 в виде верхнего продукта 50a из обеих двух параллельных первых камер 210a вторичной флотации будет отдельно собираться и направляться дальше, тогда как нижние продукты 42 из обеих двух параллельных первых камер 210a вторичной флотации могут быть либо собраны и направлены вниз по потоку в указанную последующую камеру 210b вторичной флотации через сборный трубопровод 510, аналогичный показанному, например, на фиг. 7.

Потоки пульпы, как нижние продукты 40, 42, так и верхние продукты 50, 51, 52, могут перемещаться под действием силы тяжести. Т.е. любой поток между любыми по меньшей мере двумя флотационными камерами, расположенными в проточном соединении друг с другом, может перемещаться под действием силы тяжести. Например, поток пульпы между первой камерой 111a первичной грубой флотации и последующей камерой 111b первичной грубой флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В качестве альтернативы или дополнительно, поток пульпы между первой камерой 112a первичной контрольной флотации и последующей камерой 112b первичной контрольной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В качестве альтернативы или дополнительно, поток пульпы между камерой 111e первичной грубой флотации и камерой 112a первичной контрольной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В качестве альтернативы или дополнительно, поток пульпы между первой камерой 210a вторичной флотации и последующей камерой 210b вторичной флотации, может перемещаться под действием силы тяжести. В качестве альтернативы или дополнительно, поток

пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой вторичной флотации, которые проточно соединены друг с другом, может перемещаться под действием силы тяжести. Например, поток пульпы между первой камерой 111а первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации и первой флотационной камерой 210а в линии 20 вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. Например, поток пульпы между последующей камерой 111b первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации и последующей флотационной камерой 210b в линии 20 вторичной флотации может перемещаться под действием силы тяжести.

Чтобы облегчить перемещение под действием силы тяжести потоков пульпы, по меньшей мере, некоторые из флотационных камер 111, 112, 210, 300 могут быть расположены ступенчато по отношению к уровню земли, на которой установлено флотационное устройство (см. фиг. 5с и 6с). В качестве альтернативы, переливные кромки 76 флотационных камер, например камер 111а-с первичной флотации, могут быть расположены на разных высотах.

Как можно видеть на фиг. 5с и 6с, ступенька, выполненная между любыми смежными флотационными камерами, приводит к разнице в уровне 70 поверхности пульпы двух смежных флотационных камер. В этом случае ступенька может быть расположена между двумя камерами 111 первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации, а также между двумя флотационными камерами 210а, 210b в линии 20 вторичной флотации. Также возможно, чтобы ступенька была расположена между камерой 111 первичной грубой флотации в линии первичной флотации и по меньшей мере одной флотационной камерой 210а в линии 20 вторичной флотации, или между соседними флотационными камерами 210а, 210b в линии 20 вторичной флотации, или между последней камерой 111е первичной грубой флотации и первой камерой 112а первичной контрольной флотации, или между двумя камерами 112 первичной контрольной флотации узла 12 контрольной флотации в линии 10 первичной флотации.

Для специалиста в данной области техники очевидно, что вертикальное расположение различных флотационных камер 111, 112, 210, 300 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 можно увидеть на фиг. 5с и 6с, или с помощью ступеньки между переливными кромками, как было объяснено ранее в разделе "Сущность изобретения" настоящего описания.

В качестве альтернативы или в дополнение к вышеописанному механизму протекания потоков пульпы, перемещаемых под действием силы тяжести, потоки пульпы могут перемещаться, в одной и той же установке из флотационных камер, с помощью одного или нескольких насосов с низким напором, расположенных между любыми двумя смежными флотационными камерами, либо в трубопроводе или трубопроводах 500, 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 относительно уровня земли, 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 с низким напором между некоторыми из смежных флотационных камер во флотационном устройстве 1.

Флотационное устройство 1 может также содержать стадию 62 последующей обработки. Например, верхний продукт 51с по меньшей мере из одной камеры 111с первичной грубой флотации может быть направлен для протекания в эту стадию 62 последующей обработки. В одном варианте выполнения объединенные верхние продукты из указанной по меньшей мере одной камеры 111с первичной грубой флотации и по меньшей мере из одной последующей камеры 111d первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры 111с первичной грубой флотации могут быть направлены для протекания в стадию 62 последующей обработки. На фиг. 15 показано флотационное устройство 1b, в котором верхние продукты 51с, 51d вышеописанных камер 111с, 111d первичной грубой флотации в линии 10b первичной флотации объединяются и направляются в стадию 62 последующей обработки через сборный трубопровод 510. Стадия 62 последующей обработки в этом примере представляет собой перемешивающую флотацию, выполняемую в линии перемешивающей флотации.

В качестве альтернативы или дополнительно, объединенные вторичные верхние продукты 50а, 50b по меньшей мере из двух камер 210а, 210b вторичной флотации могут протекать в стадию 62 последующей обработки.

Нижний продукт 40' из последней флотационной камеры в линии 10 первичной флотации, т.е. из последней камеры 112d первичной контрольной флотации, может протекать в стадию 62 последующей обработки, или же он может быть выходить из флотационного устройства 1 в виде хвостов 83. Дополнительно или в качестве альтернативы, нижний продукт 42' из последней камеры 210b вторичной флотации

в линии 20 вторичной флотации может протекать в стадию 62 последующей обработки, или же он может выходить из флотационного устройства 1 в виде хвостов 83.

Указанная стадия 62 последующей обработки может включать, например, стадию измельчения. В качестве альтернативы или дополнительно, стадия 62 последующей обработки может включать стадию подготовки. В качестве альтернативы или дополнительно, стадия 62 последующей обработки может включать стадию флотации, такую как стадия перемешивания флотации. Другими словами, стадия 62 последующей обработки может также включать несколько отдельных стадий процесса в комбинации.

Флотационное устройство 1 может также содержать дополнительную линию 30 вторичной флотации, содержащую по меньшей мере одну дополнительную камеру 300 вторичной флотации, проточно сообщаемую по меньшей мере с одной камерой 111 первичной грубой флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта 51 по меньшей мере из одной последующей камеры 111 первичной грубой флотации (см., например, фиг. 7 и 8). Указанная дополнительная камера 300 вторичной флотации работает по существу так же, как и другие камеры 210 вторичной флотации, как было описано ранее в этом описании.

Дополнительная камера 300 вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b по меньшей мере из одной камеры 111 первичной грубой флотации и нижнего продукта 42 из последующей камеры 210b вторичной флотации. Нижний продукт 42' из дополнительной камеры 300 вторичной флотации может выходить из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов. В качестве альтернативы или дополнительно, нижний продукт 42' из дополнительной камеры 300 вторичной флотации может быть направлен в стадию 62 последующей обработки.

В одном варианте выполнения первая камера 210a вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51a из первой камеры 111a первичной грубой флотации, а дополнительная камера 300 вторичной флотации может получать первичный верхний продукт 51b, 51c по меньшей мере из двух последующих камер 111 первичной грубой флотации.

В одном варианте выполнения дополнительная камера 300 вторичной флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b, 51c по меньшей мере из двух камер 110b, 110c первичной грубой флотации (этот вариант выполнения не показан на чертежах). В одном варианте выполнения дополнительная камера 300 вторичной флотации может представлять собой традиционную перемешивающую камеру 300, выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта 51c, 51d, 51e по меньшей мере из трех камер 111c, 111d, 111e первичной грубой флотации (см., например, фиг. 9).

В одном варианте выполнения дополнительная камера 300 вторичной флотации может быть расположена в положении ниже по потоку от указанной по меньшей мере одной первой камеры 210a вторичной флотации и/или указанной по меньшей мере одной последующей камеры 210b вторичной флотации (см., например, фиг. 7, 8 и 10).

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения флотационное устройство 1 может содержать две линии 10a, 10b первичной флотации. Первая флотационная камера 210a в линии 20 вторичной флотации может получать верхний продукт 51a, 52a из первых камер 111a, 121a первичной грубой флотации обеих линий 10a, 10b (см. фиг. 13). В одном варианте выполнения линия 20 вторичной флотации может содержать две дополнительные камеры 300a, 300b вторичной флотации, которые предназначены для получения объединенных верхних продуктов из последующих камер 111b-e и 121b-e первичной грубой флотации, соответственно, обеих линий 10a, 10b первичной флотации. Вторичный нижний продукт 42 из первой камеры 210a вторичной флотации может протекать в обе дополнительные камеры 300a, 300b вторичной флотации, как можно увидеть на фиг. 13. Нижние продукты 42' могут протекать в стадию 62 последующей обработки аналогично тому, что было описано выше, либо по отдельности, либо оба потока могут быть объединены; или выходить из флотационного устройства 1 в виде хвостов 83 по отдельности из обеих дополнительных камер 300a, 300b вторичной флотации. Поток 83 хвостов из дополнительных камер 300a, 300b вторичной флотации также может быть объединен, а затем направлен к выходу из флотационного устройства в виде объединенного потока 83 хвостов.

По меньшей мере одна из камер 111a-f первичной грубой флотации и/или по меньшей мере одна из камер 210a-b, 300 вторичной флотации может содержать камеру пенной флотации или так называемую традиционную флотационную камеру, работа которой была описана в разделе "Сущность изобретения" настоящего описания. В одном варианте выполнения третья камера 111c первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации содержит камеру пенной флотации. Кроме того, любая следующая камера 111d-f первичной грубой флотации после третьей камеры 111c первичной грубой флотации может содержать камеру пенной флотации. В одном варианте выполнения первая камера 111a первичной грубой флотации и вторая камера 111b первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации могут работать как переливные флотационные камеры, подробности которых также были описаны в разделе "Сущность изобретения" настоящего описания.

Дополнительно или в качестве альтернативы двум вышеупомянутым вариантам выполнения линия 20 вторичной флотации может содержать по меньшей мере одну перемешивающую камеру, т.е. одна или несколько камер 210a-b, 300 вторичной флотации могут действовать как камеры перемешивающей грубой фло-

тации, и, таким образом, линия 20 вторичной флотации может пониматься как или работать как линия или контур перемешивающей флотации.

В одном варианте выполнения флотационный газ может подаваться во флотационную камеру, где пульпа разделяется на верхний продукт и нижний продукт. Флотационная камера, в которую подается флотационный газ, может содержать импеллер. В качестве альтернативы, флотационный газ может подаваться в подготовительную флотационную камеру 115, в которой установлен импеллер.

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. Частицы минеральной руды, содержащие другие ценные минералы, такие как Pb, Pt, PGM (металлы платиновой группы Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt), оксидные минералы, промышленные минералы, такие как Li (т.е. сподумен), петалит и редкоземельные минералы, также могут быть извлечены в соответствии с различными аспектами этого изобретения. 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. Устройство флотации также подходит для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Fe, путем обратной флотации.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать во флотационном устройстве первую камеру 111a первичной грубой флотации, объем которой составляет по меньшей мере 150 м^3 , и силу тяжести для приведения в движение потока пульпы. Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать во флотационном устройстве первую камеру 111a первичной грубой флотации, объем которой составляет по меньшей мере 500 м^3 , и силу тяжести для приведения в движение потока пульпы. Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать во флотационном устройстве первую камеру 111a первичной грубой флотации, объем которой составляет по меньшей мере 2000 м^3 , и силу тяжести для приведения в движение потока пульпы.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать, в качестве альтернативы или дополнительно, вторую камеру 111b первичной грубой флотации, объем которой составляет по меньшей мере 100 м^3 , и силу тяжести для приведения в движение потока пульпы. Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать вторую камеру 111b первичной грубой флотации, которая имеет объем по меньшей мере 300 м^3 , и силу тяжести для приведения в движение потока пульпы. Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать вторую камеру 111b первичной грубой флотации, которая имеет объем по меньшей мере 500 м^3 , и силу тяжести для приведения в движение потока пульпы.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать, в качестве альтернативы или дополнительно, силу тяжести для приведения в движение потока пульпы между камерами 111a-f первичной грубой флотации.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать, в качестве альтернативы или дополнительно, силу тяжести для приведения в движение потока пульпы между камерами 210a-b, 300 вторичной флотации.

Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать, в качестве альтернативы или дополнительно, силу тяжести для приведения в движение потока пульпы между камерой 111 первичной грубой флотации и первой камерой 210 вторичной флотации, причем две флотационные камеры имеют друг с другом проточное соединение. Один вариант выполнения на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использовать силу тяжести для приведения в движение потока пульпы между первой камерой 111a первичной грубой флотации и первой камерой 210a вторичной флотации. В качестве альтернативы или дополнительно, в еще одном варианте применения флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использоваться сила тяжести для приведения в движение потока пульпы между дополнительной камерой 110b-f первичной грубой флотации и дополнительной камерой 210b вторичной флотации или дополнительной камерой 300 вторичной флотации.

В соответствии с еще одним аспектом изобретения, флотационная установка 9 содержит флотационное устройство 1, выполненное в соответствии с этим описанием. В одном варианте выполнения флотационная установка 9 может содержать по меньшей мере два флотационных устройства 1. В одном варианте выполнения флотационная установка 9 может содержать по меньшей мере три флотационных устройства 1. В одном варианте выполнения флотационная установка 9 может содержать по меньшей мере одно первое флотационное устройство 1a для извлечения первого концентрата 81 и по меньшей мере одно второе флотационное устройство 1b для извлечения второго концентрата 82 (см. фиг. 15).

В одном варианте выполнения флотационные камеры 111, 112 линии 10a первичной флотации по меньшей мере одного первого флотационного устройства 1a для извлечения первого концентрата 81 и фло-

тационные камеры 111, 122 линии 10b первичной флотации по меньшей мере одного второго флотационного устройства 1b для извлечения второго концентрата 82 расположены последовательно (см. фиг. 15).

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 еще 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.

Флотационная установка 9 может также содержать устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат 82 отличается от первого концентрата 81. В одном варианте выполнения устройство для последующей обработки частиц минеральной руды может представлять собой стадию 62 измельчения, расположенную между первым флотационным устройством 1a и вторым флотационным устройством 1b. В одном варианте выполнения устройство для последующей обработки частиц минеральной руды может представлять собой устройство 65 для добавления флотореагентов, расположенное между первым флотационным устройством 1a и вторым флотационным устройством 1b.

В соответствии с другим аспектом изобретения, предложен способ флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. В этом способе пульпа подвергается первичной флотации 10, включающей по меньшей мере две стадии 111a, 111b первичной грубой флотации, расположенных последовательно и в проточном сообщении друг с другом для разделения пульпы на первичный нижний продукт 40 и первичный верхний продукт 51a, 51b, и также включающей по меньшей мере две стадии 112a, 112b контрольной флотации, расположенных последовательно и в проточном сообщении друг с другом для разделения пульпы на нижний продукт 40 и первичный верхний продукт 52a, 52b.

Первичный нижний продукт 40 из предыдущей стадии 111a первичной флотации может быть направлен в следующую стадию 111b первичной флотации. Первичный верхний продукт 51a по меньшей мере из первой стадии 110a первичной флотации направляют в первую стадию 210a вторичной флотации линии 20 вторичной флотации для извлечения первого концентрата 81, причем вторичная флотация 20 содержит по меньшей мере две стадии 210a, 210b вторичной флотации, расположенные последовательно и в проточном сообщении. Указанная по меньшей мере первая стадия 110a грубой флотации и первая стадия 210a вторичной флотации расположены последовательно и в проточном сообщении. Кроме того, в соответствии со способом, во вторичной флотации 20 первичный верхний продукт 51b по меньшей мере из одной последующей стадии 111b грубой флотации направляют в последующую стадию 210b вторичной флотации, расположенную последовательно и проточно сообщаемую с указанной по меньшей мере одной последующей стадией 111b грубой флотации для извлечения первого концентрата 81, а нижний продукт 42a из предыдущей стадии 210a вторичной флотации направляют в последующую стадию 210b вторичной флотации. В качестве альтернативы, нижний продукт 42a из предыдущей стадии 210a вторичной флотации может быть объединен с нижним продуктом 42b из последующей стадии 210b вторичной флотации. Первичный верхний продукт 52a, 52b из стадий 112a, 112b контрольной флотации направляют обратно в стадию 111a, 111b грубой флотации или в стадию повторного измельчения 64, а затем в перемешивающую флотацию.

Пульпа может быть подвергнута по меньшей мере четырем стадиям первичной флотации. В одном варианте выполнения пульпа может быть подвергнута от 4 до 10 стадий первичной флотации. В одном варианте выполнения пульпа может быть подвергнута от 4 до 7 стадий первичной флотации. В качестве альтернативы или дополнительно, пульпа может быть подвергнута по меньшей мере двум стадиям вторичной флотации. В одном варианте выполнения пульпа может быть подвергнута от 2 до 10 стадий вторичной флотации. В одном варианте выполнения пульпа может быть подвергнута от 4 до 7 стадий вторичной флотации.

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51c-e из 1-3 стадий 111c-e грубой флотации может быть направлен в стадию 210b вторичной флотации. В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51b-c из 1-2 стадий 111b-c грубой флотации может быть направлен в стадию 210b вторичной флотации. В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51c по меньшей мере из одной последующей стадии 111c грубой флотации и вторичный нижний продукт 42 из последующей стадии 210b вторичной флотации могут быть направлены в дополнительную стадию 300 вторичной флотации. В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51a из первой стадии 111a грубой флотации может быть направлен в первую стадию 210a вторичной флотации, а первичный верхний продукт 51b-c по меньшей мере из двух последующих стадий 110b-c грубой флотации может быть направлен в дополнительную стадию 300 вторичной флотации.

В одном варианте выполнения стадия 210а вторичной флотации может получать первичный верхний продукт 51а, 51b не более чем из двух стадий 111а, 111b грубой флотации. В еще одном варианте выполнения стадия 210а вторичной флотации может получать первичный верхний продукт 51а только из одной стадии 111а грубой флотации. В одном варианте выполнения, дополнительно или в качестве альтернативы, последующая стадия 210b вторичной флотации может получать первичный верхний продукт 51b, 51с не более чем из двух стадий 110b, 110с грубой флотации.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42b из стадии 210b вторичной флотации может быть направлен в первичную флотацию 10 в последнюю из указанной по меньшей мере одной стадии 111b грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b, или в стадию 111с-е грубой флотации ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной стадии 111b грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт 51b.

По меньшей мере в одной стадии 111а грубой флотации и/или по меньшей мере в одной стадии 210а вторичной флотации может использоваться пенная флотация. Дополнительно или в качестве альтернативы, в первой стадии 111а грубой флотации может использоваться переливная флотация. В одном варианте выполнения в первой стадии 111а грубой флотации и во второй стадии 111b грубой флотации может использоваться переливная флотация.

Примеры

Потоки пульпы (верхний продукт, нижний продукт) между различными флотационными камерами (камерами первичной флотации и/или камерами 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 примеры возможных вариантов выполнения.

Примеры 1-10 более подробно описывают потоки пульпы внутри и между узлом 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации и линией 20 вторичной флотации, т.е. частью флотационного устройства 1, обозначенного буквой "В" на фиг. 1а. В примере 11 описана флотационная установка 9, выполненная в соответствии с изобретением.

Специалисту в данной области техники будет очевидно, что в пределах объема изобретения возможны другие комбинации. Различные варианты выполнения могут быть объединены для получения подходящих устройств. В дальнейшем варианты выполнения изобретения представлены в связи с указанными фигурами чертежей.

Пример 1.

В одном варианте выполнения изобретения, представленном на фиг. 5а-с, питание 100 пульпы вводят во флотационное устройство 1, содержащее линию 10 первичной флотации с первой камерой 111а первичной грубой флотации, для разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51а. Для ясности на фиг. 5а-с показана только часть В всего флотационного устройства 1.

Нижний продукт 40, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из первой камеры 111а первичной грубой флотации направляют в соседнюю вторую камеру 111b первичной грубой флотации, соединенную последовательно с первой камерой 111а первичной грубой флотации через трубопровод 500, для последующего 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 111b первичной грубой флотации направляют в смежную третью камеру 111с первичной грубой флотации, соединенную последовательно со второй камерой 111b первичной грубой флотации через трубопровод 500, для последующего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51с.

Следует понимать, что после последней камеры 111с первичной грубой флотации, показанной на чертежах, нижний продукт 40 направляют в последующую камеру первичной флотации, которая может быть либо последующей камерой 111 первичной грубой флотации, либо камерой 112 первичной контрольной флотации; и что после последней камеры 210b вторичной флотации, показанной на чертежах, нижний продукт 42b направляют в линию 10 первичной флотации, в последующую камеру 210 вторичной флотации или в дополнительную камеру 300 вторичной флотации, в соответствии с изобретением, как описано ранее. Это относится ко всем представленным здесь примерам.

Верхний продукт 51с собирают в виде первого концентрата 81 для последующей обработки любым подходящим способом, известным в данной области техники. До сих пор устройство представляет собой традиционное устройство для обычной пенной флотации.

Верхний продукт 51а из первой камеры 111а первичной грубой флотации направляют в линию 20 вторичной флотации, которая содержит камеру 210а вторичной флотации, через трубопровод 500, для разделения на верхний продукт 50а и нижний продукт 42а в камере 210а вторичной флотации. Верхний продукт 50а выводят наружу из линии 20 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для последующей обработки любым подходящим способом. Эта часть контура флотации аналогична любому традиционному устройству для пенной флотации.

Однако в отличие от традиционного способа каскадной флотации нижний продукт 42а, который

может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из первой камеры 210a вторичной флотации направляют в последующую камеру 210b вторичной флотации для последующей обработки, чтобы извлечь любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, увеличивая, тем самым, степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1. Это очень выгодно для извлечения частиц руды, содержащих ценный минерал, из шламов, содержащих руды с низкой сортностью.

Аналогично, верхний продукт 51b из второй камеры 111b первичной грубой флотации направляют в линию 20 вторичной флотации, более конкретно, в последующую камеру 210b вторичной флотации через трубопровод 500, для разделения на верхний продукт 50b и нижний продукт 42b в камере 210b вторичной флотации. Верхний продукт 50b направляют из линии 20 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для последующей обработки любым подходящим способом. Концентраты 81 из линии 20 вторичной флотации перед последующей обработкой могут быть объединены.

Нижний продукт 42b из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации может быть направлен дальше, как описано выше.

Камеры 111a, 111b и 111c первичной грубой флотации расположены ступенчато, так что существует разница в уровне 70 поверхности пульпы между каждой следующей камерой 111a, 111b, 111c первичной грубой флотации. В этом конкретном примере, как показано на фиг. 5c, каждая следующая камера 111b, 111c первичной грубой флотации имеет дно 71, расположенное на более низком уровне, чем предыдущая камера 111a, 111b первичной грубой флотации, создавая ступеньку между флотационными камерами. Разница в уровне 70 поверхности пульпы, естественно, может быть реализована путем размещения переливных кромок 76 каждой следующей 111a, 111b, 111c камеры первичной грубой флотации на разной высоте.

В то же время аналогичная ступенька может быть выполнена между камерами 210a, 210b вторичной флотации, а также между первой камерой 111a первичной грубой флотации и камерой 210a вторичной флотации, второй камерой 111b первичной грубой флотации и камерой 210b вторичной флотации.

Благодаря ступенькам уровни поверхности пульпы 70 каждой следующей расположенной ниже по потоку флотационной камеры находится ниже уровня 70 поверхности пульпы предыдущей флотационной камеры в направлении потока пульпы, что создает подходящий гидростатический напор между камерами, чтобы потоки пульпы имели возможность перемещаться под действием силы тяжести. Это может привести к экономии энергопотребления, так как не требуется никакой энергии перекачки. Кроме того, конструкция флотационной установки может быть упрощена.

Пример 2.

На фиг. 6a-c представлена деталь части В другого варианта выполнения флотационного устройства 1. В этом варианте выполнения во всем другом аналогичном варианте выполнения в примере 1, камеры 210a, 210b вторичной флотации имеют меньший объем, чем камеры 111a, 111b, 111c первичной грубой флотации, а нижний продукт 42b из последующей камеры 210b вторичной флотации может протекать в третью камеру 111c первичной грубой флотации для повторной обработки в узле 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации.

Используя камеры вторичной флотации меньшего объема, чем камеры первичной грубой флотации, из которых камеры вторичной флотации получают верхний продукт 51, линия 20 вторичной флотации может быть более эффективной для извлечения частиц, которые содержат в себе менее ценный минерал, т.е. которых труднее вести в поверхностный и пенный слой для извлечения в верхнем продукте, что приводит к концентрату 81 с более высокой сортностью. Это также увеличивает степень извлечения флотационного устройства 1.

В отличие от традиционного каскадного процесса флотации нижний продукт 42b, который все еще может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из последующей камеры 210b вторичной флотации направляют в третью камеру 111c первичной грубой флотации для последующей обработки с целью извлечения любых оставшихся частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, увеличивая, тем самым, степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1. Эта так называемая флотация с коротким соединением очень выгодна для извлечения рудных частиц, содержащих ценный минерал, из шламов, содержащих руды с низкой сортностью.

Пример 3.

В одном варианте выполнения флотационного устройства 1, как подробно изображено на фиг. 7, питание 100 пульпы вводят в узел 11 грубой флотации линии первичной флотации флотационного устройства, содержащего первую камеру 111a первичной грубой флотации, для разделения 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 111a первичной грубой флотации направляют в смежную вторую камеру 111b первичной грубой флотации, соединенную последовательно с первой камерой 111a первичной грубой флотации через трубопровод 500, для последующего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51b.

Нижний продукт 40, который может все еще содержать некоторое количество частиц минеральной

руды, содержащих ценный минерал, из второй камеры 111b первичной грубой флотации направляют в смежную третью камеру 111c первичной грубой флотации, соединенную последовательно со второй камерой 111b первичной грубой флотации через трубопровод 500, для последующего 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 111c первичной грубой флотации направляют в смежную четвертую камеру 111d первичной грубой флотации, соединенную последовательно с третьей камерой 111c первичной грубой флотации через трубопровод 500, для последующего 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 111d первичной грубой флотации направляют в смежную пятую камеру 111e первичной грубой флотации, соединенную последовательно с четвертой камерой 111d первичной грубой флотации через трубопровод 500, для последующего разделения на нижний продукт 40 и верхний продукт 51e.

Нижний продукт 40 из пятой камеры 111e первичной грубой флотации поступает в последующую флотационную камеру в линии 10 первичной флотации, которая может быть еще одной камерой 111 первичной грубой флотации или камерой 112 первичной контрольной флотации в узле 12 контрольной флотации линии 100 первичной флотации.

Верхний продукт 51a из первой камеры 111a первичной грубой флотации направляют в линию 20 вторичной флотации с первой камерой 210a вторичной флотации через трубопровод 500, для разделения на верхний продукт 50a и нижний продукт 42a в первой камере 210a вторичной флотации. Объем камеры 210a вторичной флотации может быть меньше, чем объем первой камеры 111a первичной грубой флотации. Верхний продукт 50a направляют из линии 20 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для последующей обработки любым подходящим способом.

Нижний продукт 42a, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из первой камеры 210a вторичной флотации направляют в дополнительную камеру 300 вторичной флотации для последующей обработки, чтобы извлечь любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, увеличивая, тем самым, степень извлечения флотационного устройства 1 для этого минерала во флотационном устройстве 1. Нижний продукт 42a может быть перемещен вперед только под действием силы тяжести или, как показано на фиг. 7, с помощью насоса 60 с низким напором, причем оба эти способа могут уменьшать энергопотребление процесса флотации.

Верхние продукты 51b, 51c, 51d, 51e из последующих камер 111b, 111c, 111d, 111e первичной грубой флотации сначала собирают в сборный трубопровод 510, а затем направляют вместе как одно питание в дополнительную камеру 300 вторичной флотации для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 42'.

Нижний продукт 42' может вытекать из линии 20 вторичной флотации в виде хвостов 83. Верхний продукт 50 направляют из дополнительной камеры 300 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для последующей обработки любым подходящим способом. Концентраты 81 из линии 20 вторичной флотации могут быть объединены для последующей обработки.

Объем дополнительной камеры вторичной флотации выбирают так, чтобы вместить совокупный объем верхних продуктов 51b, 51c, 51d, 51e из узла 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации, а также нижний продукт 42a из первой камеры 210a вторичной флотации. Однако ее объем может быть меньше, чем совокупный объем из камер 111b, 111c, 111d, 111e первичной грубой флотации.

Камеры 111a, 111b, 111e, 111d и 111e первичной грубой флотации расположены ступенчато, как описано ранее. Аналогично, камера 210a вторичной флотации представляет собой ступеньку над камерой 111b первичной грубой флотации, в которую направлен нижний продукт 42a. Существует также ступенька между дополнительной камерой 300 вторичной флотации и по меньшей мере некоторыми из камер 111b, 111c, 111d первичной грубой флотации. Поэтому для перемещения потоков пульпы между этими флотационными камерами может быть использована сила тяжести.

В случае если ступенчатое расположение различных флотационных камер невозможно или возможно только частично, один или несколько насосов 60 с низким напором могут быть использованы для перемещения потока пульпы между любыми двумя флотационными камерами, имеющими проточное соединение друг с другом, но не имеющими достаточной разницы в их соответствующих уровнях поверхности пульпы, чтобы обеспечить перемещение пульпы только под действием силы тяжести.

Пример 4.

На фиг. 8 показан вариант выполнения, немного отличающийся от представленного выше. Нижний продукт 42a из первой камеры 210a вторичной флотации направляют в последующую камеру 210b вторичной флотации, которая также получает первичный верхний продукт 51b из второй камеры 111b первичной грубой флотации. Из последующей камеры 210b вторичной флотации нижний продукт 42b направляют в дополнительную камеру 300 вторичной флотации, которая получает верхний продукт 51 из узла 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации, хотя только из трех камер 111c, 111d, 111e пер-

вичной грубой флотации. В противном случае процесс выполняют аналогично примеру 3.

Пример 5.

Вариант выполнения, показанный на фиг. 9, объединяет предпочтительные конфигурации, показанные на фиг. 6а и 5: узел 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации содержит пять камер 11а-е первичной грубой флотации, соединенных последовательно, причем нижние продукты 40 обрабатывают аналогично тому, что было представлено выше в связи с примерами 3 и 4. Линия 20 вторичной флотации аналогична линии в примере 4, имеющей первую флотационную камеру 210а, получающую верхний продукт 51а из первой камеры 111а первичной грубой флотации, и последующую флотационную камеру 210б, получающую первичный верхний продукт 51б из последующей камеры 111б первичной грубой флотации и вторичный нижний продукт 42а из первой камеры 210а вторичной флотации.

Однако в отличие от варианта выполнения в примере 4 нижний продукт 42б из указанной последующей камеры 210б вторичной флотации может протекать обратно в узел 10 грубой флотации, более конкретно, в третью камеру 111с первичной грубой флотации. В равной степени возможно, чтобы нижний продукт 42б мог быть направлен в трубопровод 500 между второй камерой 111б первичной грубой флотации и третьей камерой 111с первичной грубой флотации для объединения с нижним продуктом 40 из второй камеры 111б первичной грубой флотации (см. фиг. 1б). Верхние продукты 50а, 50б собирают в виде первого концентрата 81, как описано ранее.

Путем направления нижнего продукта 42б, который все еще может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из указанной последующей камеры 210б вторичной флотации обратно в узел 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации, более конкретно, в третью камеру 111с первичной грубой флотации для последующей обработки, любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, могут быть эффективно извлечены, что увеличивает степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1.

Кроме того, дополнительная камера 300 вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхних продуктов 51с, 51д, 51е из третьей, четвертой и пятой камер 111с, 111д, 111е первичной грубой флотации. Эти первичные верхние продукты 51с-е сначала собирают в сборный трубопровод 510 и направляют вместе как одно питание в дополнительную камеру 300 вторичной флотации для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 42'.

Объем первой и последующих камер 210а, 210б вторичной флотации может быть меньше объема камер 111а, 111б первичной грубой флотации, как было описано выше. Объем дополнительной камеры 300 вторичной флотации выбирают для вмещения совокупного объема верхних продуктов 51с, 51д, 51е. Однако объем ее может быть меньше, чем совокупный объем камер 111с, 111д, 111е первичной грубой флотации.

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 смежными флотационными камерами, проточно соединенными друг с другом, установлены подходящие ступеньки (не показаны на фиг. 9).

Верхний продукт 50 выводят из дополнительной камеры 300 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для последующей обработки любым подходящим способом. Концентраты 81 из линии 20 вторичной флотации и дополнительной камеры 300 вторичной флотации могут быть объединены для последующей обработки.

Пример 6.

На фиг. 10 представлена деталь В еще одного варианта выполнения. В этом варианте линия 20 вторичной флотации содержит три флотационные камеры 210а, 210б, 210с, расположенные последовательно.

В этом варианте выполнения первичный верхний продукт 51а из первой камеры 111а первичной грубой флотации направляют в первую камеру 210а вторичной флотации, а первичный верхний продукт 51б из второй камеры 111б первичной грубой флотации направляют в первую последующую камеру 210б вторичной флотации. Вторичный нижний продукт 42а из первой камеры 210а вторичной флотации направляют в первую последующую камеру 210б вторичной флотации. Вторичный нижний продукт 42б из этой флотационной камеры далее направляют во вторую последующую камеру 210с вторичной флотации, проточно сообщаящуюся с предыдущей камерой 210б вторичной флотации. Оттуда вторичный нижний продукт 42с все также направляют далее в дополнительную камеру 300 вторичной флотации. Вторичные верхние продукты 50а, 50б, 50с и 50 из соответствующих камер 210а, 210б, 210с и 300 вторичной флотации извлекают в виде первых концентратов 81. Конечный вторичный нижний продукт 42' выводят из дополнительной камеры 300 вторичной флотации в виде хвостов 83.

Первичные верхние продукты 51с, 51д, 51е из третьей, четвертой и пятой камер 111с, 111д, 111е первичной грубой флотации сначала собирают в сборный трубопровод 510 и направляют вместе как одно питание в дополнительную камеру 300 вторичной флотации для разделения на верхний продукт 50 и нижний продукт 42', как и в примерах 5 и 6.

Пример 7.

В одном варианте выполнения изобретения, деталь В которого представлена на фиг. 11, узел 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации также содержит пять камер 11а, 11б, 11с, 11д, 11е

первичной грубой флотации. Две первые камеры 111a, 111b первичной грубой флотации имеют больший объем, чем последние три камеры 111c, 111d, 111e первичной грубой флотации. Процесс флотации в узле 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации, однако, аналогичен тому, что было описано в связи с предыдущими примерами.

Линия 20 вторичной флотации содержит три флотационные камеры 210a, 201b, 300, работающие аналогично тому, что было описано выше. Объем камер 210a, 210b вторичной флотации меньше, чем объем двух первых камер 111a, 111b первичной грубой флотации.

Дополнительная камера 300 вторичной флотации выполнена с возможностью получения объединенных верхних продуктов 51c, 51d, 51e из трех последних камер 111c, 111d, 111e первичной грубой флотации через сборный трубопровод 510. Поскольку совокупный объем трех последних камер 111b, 111c, 111d первичной грубой флотации меньше в этом варианте выполнения, то и объем дополнительной камеры 300 вторичной флотации может быть меньше, как можно видеть на фиг. 11.

Вторичный нижний продукт 42' из дополнительной камеры 300 вторичной флотации выводят из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, который может быть объединен с потоком 83 хвостов в линии 10 первичной флотации. Объединенный поток хвостов может, например, быть направлен в другое флотационное устройство 1 для извлечения второго концентрата 82.

Вторичный верхний продукт 50, 50a, 50b содержит извлеченный первый концентрат 81, подлежащий последующей обработке аналогично тому, что было описано в связи с другими примерами и вариантами выполнения.

Пример 8.

На фиг. 12 представлена деталь В еще одного варианта выполнения флотационного устройства 1. В этом варианте выполнения узел 11 грубой флотации линии 10 первичной флотации содержит шесть камер 111a, 111b, 111c, 111d, 111e, 111f первичной грубой флотации. Процесс флотации в узле 11 грубой флотации аналогичен тому, что было описано в связи с предыдущими примерами.

Верхний продукт 51a из первой камеры 111a первичной грубой флотации направляют в первую камеру 210a вторичной флотации через трубопровод 500 для разделения на верхний продукт 50a и нижний продукт 42a в камере 210a вторичной флотации. Объем камеры 210a вторичной флотации может быть меньше, чем объем первой камеры 111a первичной грубой флотации. Верхний продукт 50a выводят из первой камеры 20 вторичной флотации в виде первого концентрата 81 для последующей обработки любым подходящим способом.

Вторичный нижний продукт 42a из первой камеры 210a вторичной флотации, который может содержать некоторое количество частиц минеральной руды, содержащей ценный минерал, направляют в последующую камеру 210b вторичной флотации для последующей обработки, чтобы извлечь любые оставшиеся частицы минеральной руды, содержащие ценный минерал, увеличивая, тем самым, степень извлечения этого минерала во флотационном устройстве 1.

Первичные верхние продукты 51b, 51c из второй и третьей камер 111b, 111c первичной грубой флотации сначала собирают в сборный трубопровод 510 и направляют вместе как одно питание в последующую камеру 210b вторичной флотации для разделения на вторичный верхний продукт 50b и вторичный нижний продукт 42b. Объем камеры 210b вторичной флотации может быть меньше совокупного объема двух камер 111b, 111c первичной грубой флотации, из которых она получает верхний продукт 51b, 51c.

Вторичный верхний продукт 50b из камеры 210b вторичной флотации собирают в виде первого концентрата 81, при этом вторичный нижний продукт 42b может протекать в дополнительную камеру 300 вторичной флотации для последующей обработки.

Дополнительная камера 300 вторичной флотации выполнена с возможностью получения объединенных верхних продуктов 51d, 51e, 51f из трех последних камер 111d, 111e, 111f первичной грубой флотации через сборный трубопровод 510.

Нижний продукт 42' из дополнительной камеры 300 вторичной флотации выводят из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов, который может быть объединен с потоком 83 хвостов из линии 10 первичной флотации (не показан на фиг. 12). Объединенные потоки 83 хвостов могут, например, быть направлены 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 подлежит последующей обработке аналогично тому, что было описано в связи с другими примерами и вариантами выполнения.

Пример 9.

На фиг. 13 представлена деталь В еще одного варианта выполнения флотационного устройства 1. В этом варианте выполнения имеются две линии первичной флотации, обе из которых содержат узел 11a и 11b грубой флотации. Оба узла 11a и 11b грубой флотации содержат пять камер первичной грубой флотации, соответственно, 111a-e, 121a-e. Линии первичной флотации расположены так, чтобы обрабатывать поток пульпы аналогично тому, как описано, например, в связи с примерами 3 и 4.

Однако первичные верхние продукты 51a, 53a из первых камер 111a, 121a первичной грубой флотации обеих узлов 11a и 11b грубой флотации могут протекать в одну единственную камеру 210a вторич-

ной флотации. Вторичный верхний продукт 50а из камеры 210а вторичной флотации извлекают в виде первого концентрата 81.

Вторичный нижний продукт 42 направляют вниз по потоку в виде двух отдельных потоков (т.е. вторичный нижний продукт 42 из первой камеры 210а вторичной флотации разделяют на два отдельных потока внутри первой камеры 210а вторичной флотации, или же нижний продукт 42 может быть разделен на два потока ниже по потоку от первой камеры 210а вторичной флотации) в две дополнительные камеры вторичной флотации: первую дополнительную камеру 300а вторичной флотации, предназначенную для получения объединенных верхних продуктов 51b, 51c, 51d, 51e из четырех последних камер 111b, 111c, 111d, 111e первичной грубой флотации из узла 10а грубой флотации первой линии первичной флотации через сборный трубопровод 510; и вторую дополнительную камеру 300b вторичной флотации, предназначенную для получения объединенных верхних продуктов 53b, 53c, 53d, 53e из четырех последних камер 121b, 121c, 121d, 121e первичной грубой флотации узла 10b грубой флотации второй линии первичной флотации через сборный трубопровод 520.

Аналогично тому, что было описано в связи с примером 8, нижние продукты 42' из дополнительных камер 300а, 300b вторичной флотации выводят из флотационного устройства 1 в виде потоков 83 хвостов, которые могут быть объединены с потоком 83 хвостов из линий первичной флотации (не показаны на чертеже). Верхние продукты 50b из дополнительных камер 300а, 300b вторичной флотации содержат извлеченный первый концентрат 81 для последующей обработки аналогично тому, что было описано в связи с другими примерами и вариантами выполнения.

Пример 10.

На фиг. 14 представлена деталь В еще одного варианта выполнения флотационного устройства 1. По сути, он содержит те же конструктивные детали, что и устройство в примере 8 (см. фиг. 12), но вместо отдельных флотационных камер 111, 210, где пульпу как аэрируют, так и разделяют на две фракции (верхний продукт и нижний продукт) в одной камере, каждая линия 10, 20 флотации содержит первую подготовительную флотационную камеру 115, 215 и смежную флотационную камеру 111, 210, примыкающую к подготовительной флотационной камере 115, 215 через гидравлический трубопровод 41. В подготовительной флотационной камере 115, 215 поток пульпы аэрируют либо импеллером, снабженным вводом газа, либо аэрационным устройством типа разбрызгивателя. Указанная смежная флотационная камера 111, 210 работает как флотационная камера без механического перемешивания, чтобы обеспечить стабильность агломератов газовых пузырьков и частиц руды и образование невозмущенного пенного слоя.

Также и узел контрольной флотации в линии первичной флотации может содержать аналогичную комбинацию подготовительной флотационной камеры и флотационной камеры, хотя это не показано на фиг. 14.

Питание пульпы 100 сначала направляют в узел 11 грубой флотации линии первичной флотации флотационного устройства. Более конкретно, пульпу направляют в подготовительную флотационную камеру 115а для обработки, как описано выше. Из подготовительной флотационной камеры 115а поток пульпы направляют через гидравлический трубопровод 41 в камеру 111а первичной грубой флотации, из которой верхний продукт 51а направляют в первую линию 20 вторичной флотации, содержащую аналогичную подготовительную флотационную камеру 215а, через гидравлический трубопровод 41 примыкающую к флотационной камере 210а.

Первичный нижний продукт 40 из камеры 111а первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации направляют далее вниз по потоку для обработки аналогичным образом в последующих подготовительных флотационных камерах 115 и камерах 111 первичной грубой флотации узла 11 грубой флотации, пока первичный нижний поток 40 из последней флотационной камеры 111f не будет направлен в узел контрольной флотации, аналогично другим вариантам выполнения этого изобретения.

Вторичный нижний продукт 42а из флотационной камеры 210а в линии 20 вторичной флотации направляют вниз по потоку для аналогичной обработки в последующей вторичной подготовительной камере 215b и в последующей флотационной камере 210b. Объединенные первичные верхние продукты 51b, 51c из камер 111b, 111c первичной грубой флотации, обе из которых также предшествуют подготовительной флотационной камере 115b, 115c, направляют в подготовительную камеру 215b указанной последующей камеры 210b вторичной флотации через сборный трубопровод 510. Нижний продукт 42b из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации направляют вниз по потоку в подготовительную камеру 315 дополнительной камеры 300 вторичной флотации.

Вторичный верхний продукт 50а из первой камеры 210а вторичной флотации и вторичный верхний продукт 50b из указанной последующей камеры 210b вторичной флотации выводят из линии 20 вторичной флотации в виде первого концентрата 81.

Объединенные верхние продукты 51d, 51e, 51f из последующих камер 111d, 111e, 111f первичной грубой флотации направляют в подготовительную флотационную камеру 305 дополнительной камеры 300 вторичной флотации через сборный трубопровод 510. Верхний продукт 50 из дополнительной камеры 300 вторичной флотации содержит извлеченный первый концентрат 81. Нижний продукт 42' из дополнительной линии 23 вторичной флотации может быть выведен из флотационного устройства 1 в виде

потока 83 хвостов.

Пример 11.

На фиг. 15 представлен вариант выполнения флотационной установки 9, выполненной в соответствии с изобретением.

Флотационная установка 9 содержит два флотационных устройства 1a, 1b, которые напоминают тип, описанный в примере 4, но могут также иметь любой из типов, представленных в приведенных выше примерах. Первое флотационное устройство 1a предназначено для извлечения первого концентрата 81, а второе флотационное устройство 1b предназначено для извлечения второго концентрата 82.

Камеры 111a-e первичной грубой флотации в узле 11a грубой флотации первого флотационного устройства 1a и камеры 121a-e первичной грубой флотации в узле 11a грубой флотации второго флотационного устройства 1b расположены последовательно.

Поскольку функции и организация потоков флотационных устройств 1a, 1b уже подробно обсуждалось в связи с вышеприведенными примерами, подробности флотационных устройств 1a, 1b здесь больше не обсуждаются.

Нижний продукт 40' из последней камеры 112b первичной контрольной флотации узла 12a контрольной флотации в линии 10a первичной флотации первого флотационного устройства 1a направляют в устройство, подходящее для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. В одном варианте выполнения устройство может представлять собой стадию 62 измельчения или, в другом варианте выполнения, устройство 65 для добавления флотореагентов (на фиг. 15 эта конструкция показана только в качестве примера, при этом следует понимать, что прямоугольник в блок-схеме может представлять собой либо стадию 62 измельчения, либо устройство 65 для добавления флотореагентов, в зависимости от варианта выполнения.)

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

В качестве альтернативы, стадия последующей обработки может включать восстановление потока пульпы, собранной в виде нижнего продукта 40' первым флотационным устройством 1a, т.е. обработку пульпы дополнительными флотореагентами для подготовки питания 100b пульпы для извлечения второго концентрата 82. В этом случае второй концентрат 82, извлеченный во втором флотационном устройстве 1b, содержит частицы руды, содержащие другой ценный минерал, чем первый концентрат 81, извлеченный в первом флотационном устройстве 1a. Таким образом, два концентрата имеют разный минералогический состав.

В одном варианте выполнения второй концентрат 82, собранный в виде первичных верхних продуктов 51c-e из последних двух камер 111c-d первичной грубой флотации узла 11b грубой флотации во второй линии 10b первичной флотации, может быть объединен и направлен непосредственно в последующую обработку, которая может, вместо дополнительной камеры 300 вторичной флотации, как в первой линии 10a флотации, представлять собой любой подходящий процесс последующей обработки или операции, известный в данной области техники, например, последующую операцию пересортировки флотации в линии пересортировки грубой флотации. Верхний продукт 52a, 52b из камер 112a, 112b первичной контрольной флотации обоих флотационных устройств 1a, 1b может быть обработан, как описано ранее в этом описании, либо путем направления верхних продуктов в стадию 64 повторного измельчения и в линию пересортировки грубой флотации; или путем направления верхних продуктов обратно в линию грубой флотации (см. фиг. 3).

Варианты выполнения, описанные выше, могут использоваться в любой комбинации друг с другом. Некоторые из вариантов выполнения могут быть объединены вместе, чтобы сформировать еще один 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 для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержащее флотационные камеры для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт, причем разделение осуществляется с помощью флотационного газа, и при этом флотационное устройство содержит

линию первичной флотации, содержащую

узел грубой флотации по меньшей мере с двумя флотационными камерами, соединенными после-

довательно и расположенными в проточном сообщении, причем верхний продукт из первой камеры первичной грубой флотации может протекать непосредственно в линию вторичной флотации;

узел контрольной флотации по меньшей мере с двумя флотационными камерами, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, причем верхний продукт из камер первичной контрольной флотации может протекать обратно в камеру грубой флотации в линии первичной флотации или в стадию повторного измельчения, а затем - в линию перемешивания контрольной флотации,

при этом следующая камера первичной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предыдущей камеры первичной флотации, так что следующая камера первичной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предыдущей камеры первичной флотации, первая камера первичной контрольной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из последней камеры первичной грубой флотации, следующая камера первичной контрольной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предыдущей камеры первичной контрольной флотации, и нижний продукт из камер первичной флотации направляется вниз по потоку по линии первичной флотации,

причем линия вторичной флотации содержит

по меньшей мере две флотационные камеры, причем в линии вторичной флотации первая флотационная камера расположена в непосредственном проточном сообщении по меньшей мере с одной камерой первичной грубой флотации и выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата,

отличающееся тем, что в линии вторичной флотации

последующая камера вторичной флотации расположена в непосредственном проточном сообщении по меньшей мере с одной последующей камерой первичной грубой флотации и выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из указанной по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата, причем указанная по меньшей мере одна последующая камера первичной грубой флотации отличается от указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера вторичной флотации может получать первичный верхний продукт;

указанная последующая камера вторичной флотации расположена в проточном сообщении с предыдущей камерой вторичной флотации; и

нижний продукт из первой камеры вторичной флотации может протекать в указанную последующую камеру вторичной флотации или может быть объединен со вторичным нижним продуктом из указанной последующей камеры вторичной флотации.

2. Флотационное устройство по п.1, в котором линия первичной флотации содержит по меньшей мере четыре флотационные камеры, или от 4 до 10 флотационных камер, или от 4 до 7 флотационных камер.

3. Флотационное устройство по п.1 или 2, в котором узел грубой флотации в линии первичной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, или от 2 до 6 флотационных камер, или от 2 до 4 флотационных камер.

4. Флотационное устройство по любому из пп.1-3, в котором узел контрольной флотации в линии первичной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, или от 2 до 6 флотационных камер, или от 2 до 4 флотационных камер.

5. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором линия вторичной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, или от 2 до 10 флотационных камер, или от 4 до 7 флотационных камер.

6. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором количество флотационных камер, расположенных последовательно в линии вторичной флотации, равно или меньше количества флотационных камер, расположенных последовательно в линии первичной флотации.

7. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из 1-3 камер первичной грубой флотации или из 1-2 камер первичной грубой флотации.

8. Флотационное устройство по любому из пп.1-6, в котором камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из не более чем двух камер первичной грубой флотации.

9. Флотационное устройство по п.8, в котором камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из одной камеры первичной грубой флотации.

10. Флотационное устройство по любому из пп.1-6, в котором указанная последующая камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта по меньшей мере из двух камер первичной грубой флотации.

11. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт из указанной последующей камеры вторичной флотации может протекать обратно в узел грубой флотации линии первичной флотации в точке, расположенной ниже по потоку от той камеры первичной грубой флотации, из которой указанная последующая камера вторичной флотации может получать первич-

ный верхний продукт.

12. Флотационное устройство по п.11, в котором нижний продукт из указанной последующей камеры вторичной флотации может протекать обратно в последующую камеру первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры первичной флотации, из которой указанная последующая камера вторичной флотации может получать первичный верхний продукт.

13. Флотационное устройство по п.11, в котором нижний продукт из указанной последующей камеры вторичной флотации может быть объединен с верхним продуктом по меньшей мере из одной последующей камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от той камеры первичной грубой флотации, из которой указанная последующая камера вторичной флотации может получать первичный верхний продукт.

14. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором линия вторичной флотации также содержит дополнительную линию (30) вторичной флотации, содержащую по меньшей мере одну дополнительную флотационную камеру (300), выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта по меньшей мере из одной последующей камеры первичной грубой флотации.

15. Флотационное устройство по п.14, в котором нижний продукт из указанной последующей камеры вторичной флотации может протекать в указанную дополнительную камеру вторичной флотации.

16. Флотационное устройство по п.14 или 15, в котором первая камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из первой камеры первичной грубой флотации, а указанная дополнительная камера вторичной флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта по меньшей мере из двух последующих камер первичной грубой флотации.

17. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт из последующей камеры вторичной флотации может протекать в последнюю из указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой в указанную последующую камеру вторичной флотации был получен первичный верхний продукт, или в камеру первичной грубой флотации ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой в указанную последующую камеру вторичной флотации был получен первичный верхний продукт.

18. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем первой флотационной камеры в линии вторичной флотации больше, чем объем указанной последующей флотационной камеры в линии вторичной флотации.

19. Флотационное устройство по любому из пп.1-17, в котором объем указанной последующей флотационной камеры в линии вторичной флотации больше, чем объем первой флотационной камеры в линии вторичной флотации.

20. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера первичной грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 150 м^3 , или по меньшей мере 500 м^3 , или по меньшей мере 2000 м^3 .

21. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором вторая камера первичной грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 100 м^3 , или по меньшей мере 300 м^3 , или по меньшей мере 500 м^3 .

22. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем второй камеры первичной грубой флотации равен объему первой камеры первичной грубой флотации или меньше, чем объем первой камеры первичной грубой флотации.

23. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера вторичной флотации, находящаяся в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации, имеет объем от 100 до 2000 м^3 , предпочтительно от 400 до 1000 м^3 .

24. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором указанная последующая камера вторичной флотации, находящаяся в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации, имеет объем от 100 до 2000 м^3 , предпочтительно от 300 до 1000 м^3 .

25. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем первой камеры вторичной флотации, находящейся в проточном сообщении по меньшей мере с одной камерой первичной грубой флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, предпочтительно или от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной флотации.

26. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем указанной последующей камеры вторичной флотации, находящейся в проточном сообщении по меньшей мере с одной камерой первичной грубой флотации, составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, предпочтительно от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации.

27. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором по меньшей мере две флотационные камеры проточно общаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

28. Флотационное устройство по п.26, в котором первая камера первичной грубой флотации и по-

следующая камера первичной грубой флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

29. Флотационное устройство по п.25 или 26, в котором первая камера вторичной флотации и последующая камера вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

30. Флотационное устройство по любому из пп.27-29, в котором камера первичной грубой флотации и камера вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

31. Флотационное устройство по п.30, в котором первая камера первичной грубой флотации и первая камера вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

32. Флотационное устройство по любому из пп.28-31, в котором последующая камера первичной грубой флотации и последующая камера вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

33. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первичный верхний продукт по меньшей мере из одной камеры первичной контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию повторного измельчения.

34. Флотационное устройство по п.33, в котором объединенный первичный верхний продукт из камер первичной контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию повторного измельчения.

35. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объединенные вторичные верхние продукты из указанных по меньшей мере двух камер вторичной флотации могут протекать в стадию последующей обработки.

36. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт из последней камеры первичной контрольной флотации может протекать в стадию последующей обработки или выходить из флотационного устройства в виде хвостов.

37. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором нижний продукт из последней камеры вторичной флотации может протекать в стадию последующей обработки или выходить из флотационного устройства в виде хвостов.

38. Флотационное устройство по любому из пп.35-37, в котором стадия последующей обработки включает по меньшей мере одну стадию, выбранную из стадии измельчения, стадии подготовки, стадии флотации.

39. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, содержащее две линии первичной флотации, причем первая флотационная камера в линии вторичной флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта из первых камер первичной грубой флотации обеих линий первичной флотации.

40. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором флотационные камеры содержат камеру пенной флотации.

41. Флотационное устройство по п.40, в котором третья камера первичной грубой флотации, а также любая следующая камера первичной грубой флотации, расположенная после третьей камеры первичной грубой флотации, содержит камеру пенной флотации.

42. Флотационное устройство по п.40, в котором первая и вторая камеры первичной грубой флотации в линии первичной флотации работают в качестве переливных флотационных камер.

43. Флотационное устройство по любому из пп.40-42, в котором обеспечены средства подачи флотационного газа во флотационную камеру, для обеспечения возможности пульпе разделяться на верхний продукт и нижний продукт.

44. Флотационное устройство по любому из пп.40-43, в котором флотационная камера, в которую подается флотационный газ, содержит импеллер.

45. Флотационное устройство по любому из пп.40-43, в котором флотационный газ подается в подготовительную флотационную камеру, в которой установлен импеллер.

46. 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.

47. Применение флотационного устройства по любому из пп.1-46 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, Zn, Fe, пирит, сульфид металла, такой как сульфид золота, Pb, Pt, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Li, оксидные минералы, промышленные минералы, такие как сподумен, петалит или редкоземельные минералы.

48. Применение по п.47 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из руды, в которой содержание меди составляет самое большее 0,1 вес. %.

49. Применение по п.48, при котором во флотационном устройстве первая камера первичной грубой

флотации имеет объем, равный по меньшей мере 150 м³, или по меньшей мере 500 м³, или по меньшей мере 2000 м³, причем указанная камера выполнена таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться под действием силы тяжести.

50. Применение по п.48 или 49, при котором во флотационном устройстве вторая камера первичной грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 100 м³, или по меньшей мере 300 м³, или по меньшей мере 500 м³, причем указанная камера выполнена таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться под действием силы тяжести.

51. Применение по любому из пп.48-50, при котором камеры первичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

52. Применение по любому из пп.48-51, при котором камеры вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

53. Применение по любому из пп.48-52, при котором камера первичной грубой флотации и камера вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

54. Применение по п.53, при котором первая камера первичной грубой флотации и первая камера вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

55. Применение по п.53 или 54, при котором последующая камера первичной грубой флотации и последующая камера вторичной флотации проточно сообщаются и расположены таким образом, что обеспечена возможность потоку пульпы перемещаться между указанными камерами под действием силы тяжести.

56. Применение по п.46 или 47 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Fe, путем обратной флотации.

57. Флотационная установка, содержащая флотационное устройство по любому из пп.1-46.

58. Флотационная установка по п.57, содержащая по меньшей мере два или по меньшей мере три флотационных устройства по любому из пп.1-46.

59. Флотационная установка по п.57 или 58, содержащая по меньшей мере одно первое флотационное устройство для извлечения первого концентрата и по меньшей мере одно второе флотационное устройство для извлечения второго концентрата.

60. Флотационная установка по п.59, в которой камеры первичной флотации указанного по меньшей мере одного первого флотационного устройства для извлечения первого концентрата и камеры первичной флотации указанного по меньшей мере одного второго флотационного устройства для извлечения второго концентрата расположены последовательно.

61. Флотационная установка по п.59 или 60, содержащая устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат отличается от первого концентрата.

62. Флотационная установка по п.61, в которой устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит стадию измельчения, расположенную между первым и вторым флотационными устройствами.

63. Флотационная установка по п.61 или 62, в которой устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит устройство для добавления флотореагентов, расположенное между первым и вторым флотационными устройствами.

64. Флотационная установка по любому из пп.57-63, 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.

65. Флотационная установка по любому из пп.57-64, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из низкосортной руды.

66. Флотационная установка по любому из пп.57-62, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения Fe путем обратной флотации.

67. Способ флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, во флотационном устройстве по пп.1-46 на стадиях флотации, на которых пульпу разделяют на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа, причем пульпу подвергают первичной флотации (10), при этом способ включает

по меньшей мере две последовательно соединенные и проточно сообщающиеся стадии (111a, 111b) грубой флотации, причем первичный верхний продукт из первой стадии грубой флотации направляют в стадию вторичную флотацию (20, 30);

по меньшей мере две последовательно соединенные и проточно сообщающиеся стадии (112a, 112b) контрольной флотации, причем первичный верхний продукт из стадии контрольной флотации направляют обратно в стадию грубой флотации или в стадию повторного измельчения, а затем в стадию перерешивной флотации,

причем первичный нижний продукт из предыдущей стадии флотации направляют в следующую стадию флотации, так что следующая камера первичной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предыдущей камеры первичной флотации, первая камера первичной контрольной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из последней камеры первичной грубой флотации, следующая камера первичной контрольной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предыдущей камеры первичной контрольной флотации, и нижний продукт из камер первичной флотации направляют вниз по потоку по линии первичной флотации,

при этом пульпу далее подвергают вторичной флотации (20), включающей по меньшей мере две проточно сообщающиеся стадии (210a, 210b) вторичной флотации, причем первичный верхний продукт по меньшей мере из первой стадии грубой флотации направляют в первую стадию вторичной флотации для извлечения первого концентрата, при этом указанные по меньшей мере первая стадия грубой флотации и первая стадия вторичной флотации последовательно соединены и непосредственно проточно сообщаются,

при этом способ отличается тем, что во вторичной флотации

первичный верхний продукт по меньшей мере из одной последующей стадии грубой флотации направляют в последующую стадию вторичной флотации, последовательно соединенную и находящуюся в непосредственном проточном сообщении с указанной по меньшей мере одной последующей стадией грубой флотации, для извлечения первого концентрата, причем указанная по меньшей мере одна последующая стадия грубой флотации и указанная последующая стадия вторичной флотации расположены последовательно и проточно сообщаются, причем указанная по меньшей мере одна последующая камера первичной грубой флотации отличается от указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой первичный верхний продукт направляют в первую камеру вторичной флотации,

при этом указанная последующая стадия вторичной флотации и предыдущая стадия вторичной флотации находятся в проточном сообщении; и

нижний продукт из первой стадии вторичной флотации направляют в указанную последующую стадию вторичной флотации или объединяют со вторичным нижним продуктом из указанной последующей стадии вторичной флотации.

68. Способ по п.67, в котором пульпу подвергают по меньшей мере четырем стадиям первичной флотации, или 4-10 стадиям первичной флотации, или 4-7 стадиям первичной флотации.

69. Способ по п.67 или 68, в котором пульпу подвергают по меньшей мере двум стадиям вторичной флотации, или 2-10 стадиям вторичной флотации, или 4-7 стадиям вторичной флотации.

70. Способ по любому из пп.67-69, в котором первичный верхний продукт из 1-3 стадий грубой флотации или из 1-2 стадий грубой флотации направляют в стадию вторичной флотации.

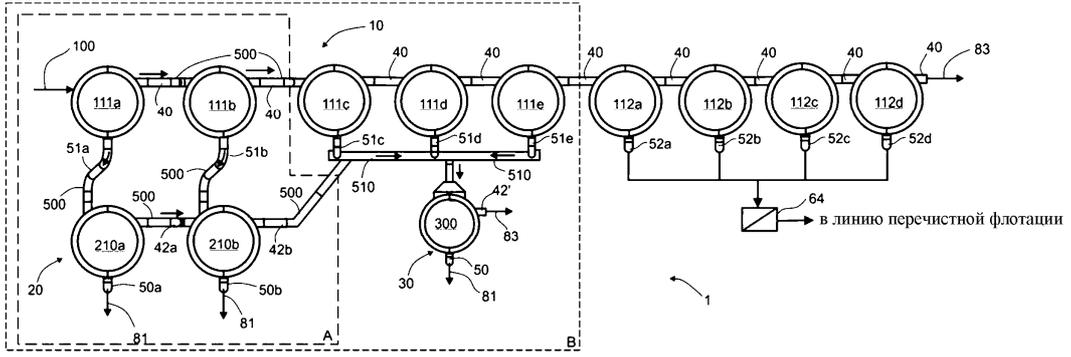
71. Способ по любому из пп.67-70, в котором первичный верхний продукт по меньшей мере из одной последующей стадии грубой флотации и нижний продукт из последующей стадии вторичной флотации направляют в дополнительную стадию вторичной флотации.

72. Способ по п.71, в котором первичный верхний продукт из первой стадии грубой флотации направляют в первую стадию вторичной флотации, а первичный верхний продукт по меньшей мере из двух последующих стадий грубой флотации направляют в указанную дополнительную стадию вторичной флотации.

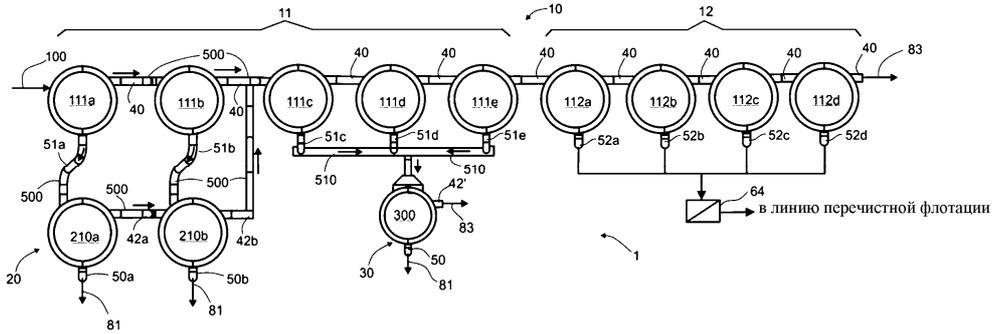
73. Способ по любому из пп.67-72, в котором нижний продукт из стадии вторичной флотации направляют в стадию первичной флотации, в последнюю из указанной по меньшей мере одной стадии грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт, или в стадию грубой флотации ниже по потоку от последней из указанной по меньшей мере одной стадии грубой флотации, из которой был получен первичный верхний продукт.

74. Способ флотации по любому из пп.67-73, в котором пенную флотацию используют по меньшей мере в одной стадии первичной флотации и/или по меньшей мере в одной стадии вторичной флотации.

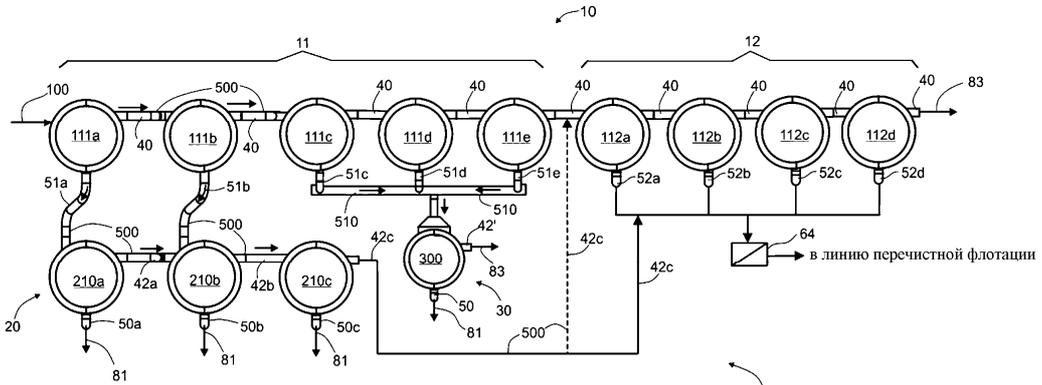
75. Способ флотации по любому из пп.67-74, в котором переливную флотацию используют в первой стадии грубой флотации или в первой и во второй стадиях грубой флотации.



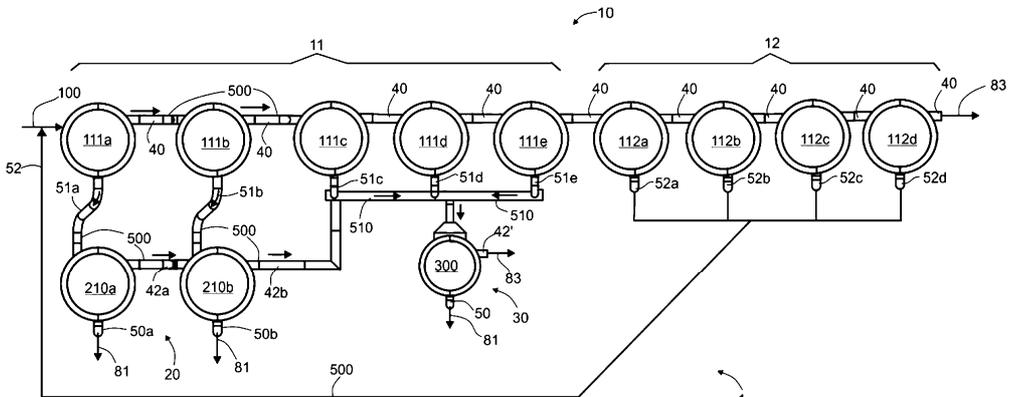
Фиг. 1а



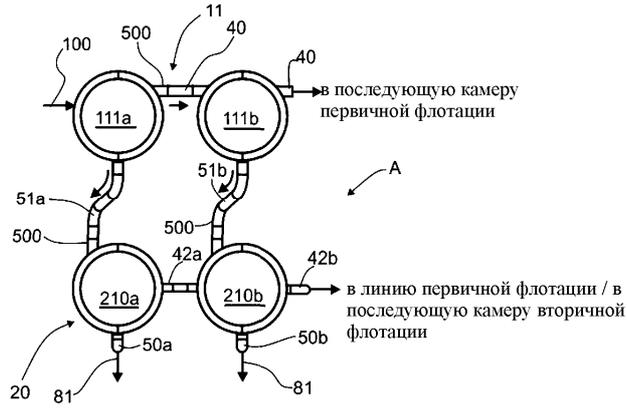
Фиг. 1б



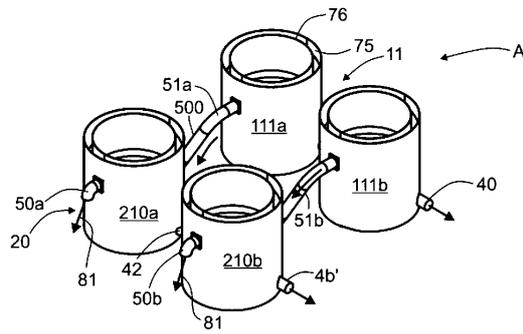
Фиг. 2



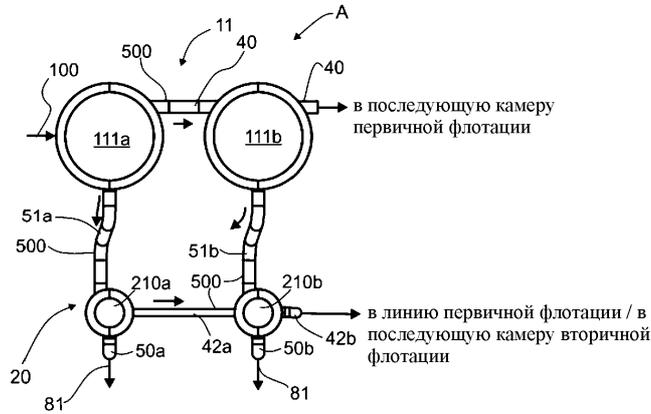
Фиг. 3



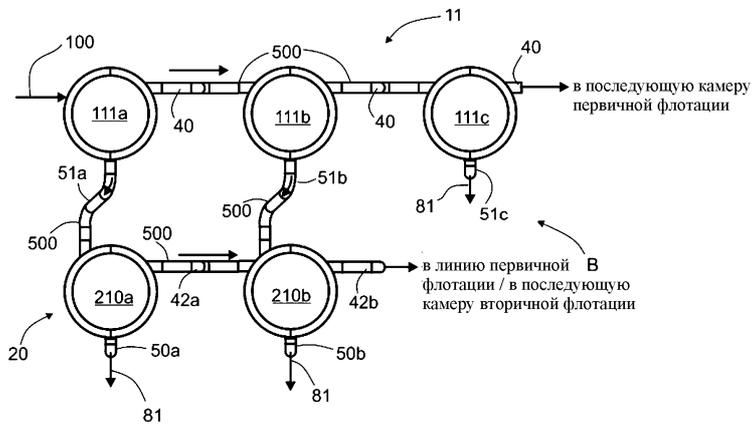
Фиг. 4а



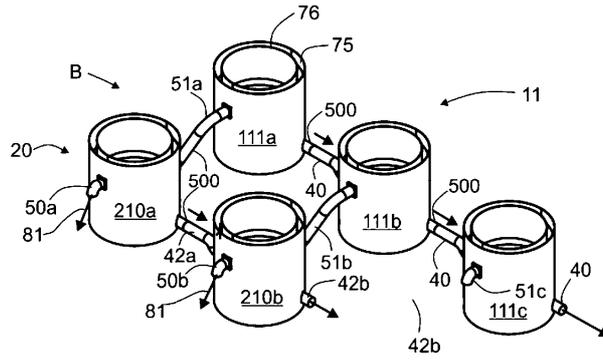
Фиг. 4b



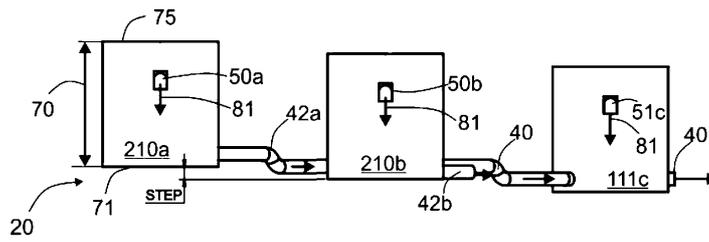
Фиг. 4с



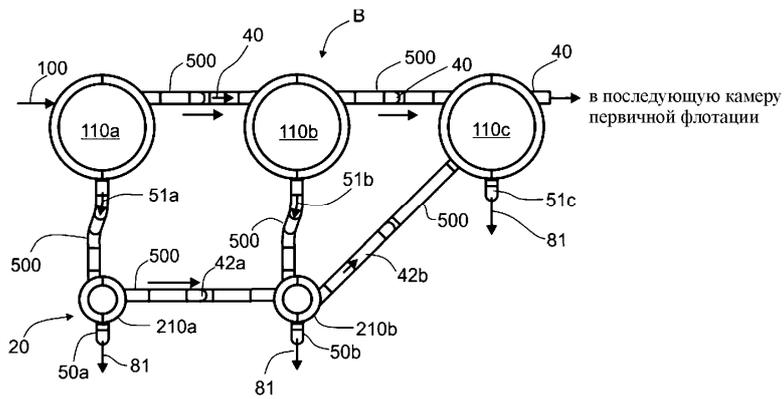
Фиг. 5а



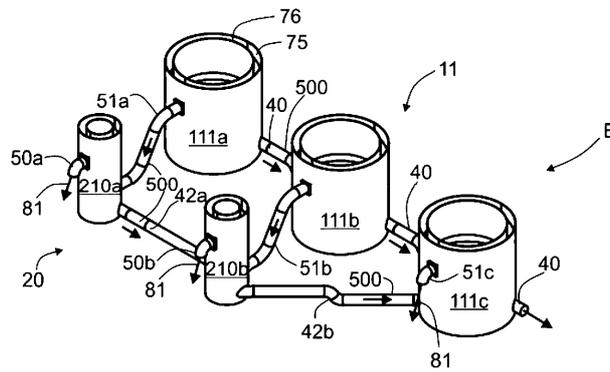
Фиг. 5b



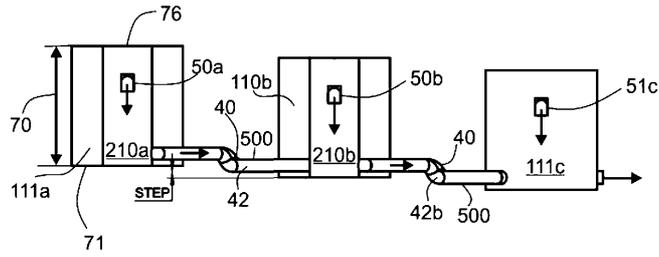
Фиг. 5c



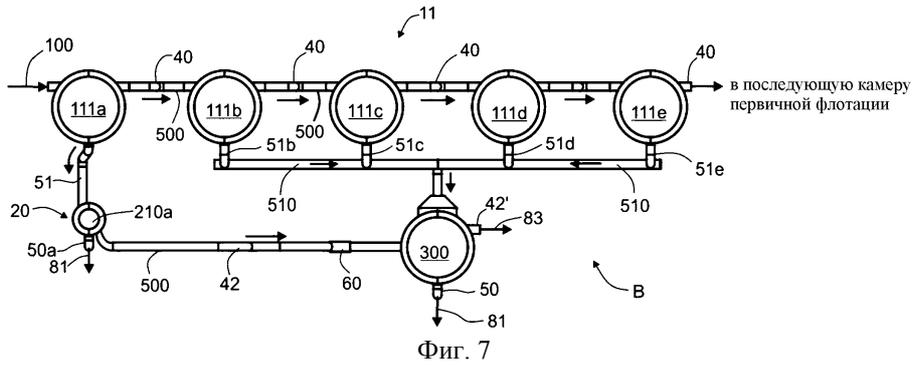
Фиг. 6a



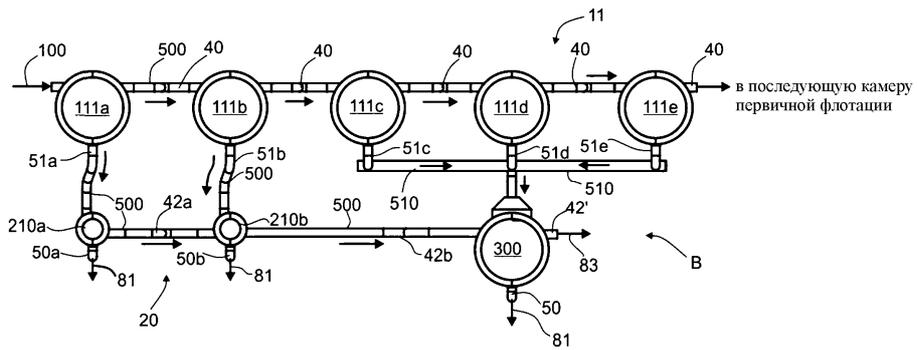
Фиг. 6b



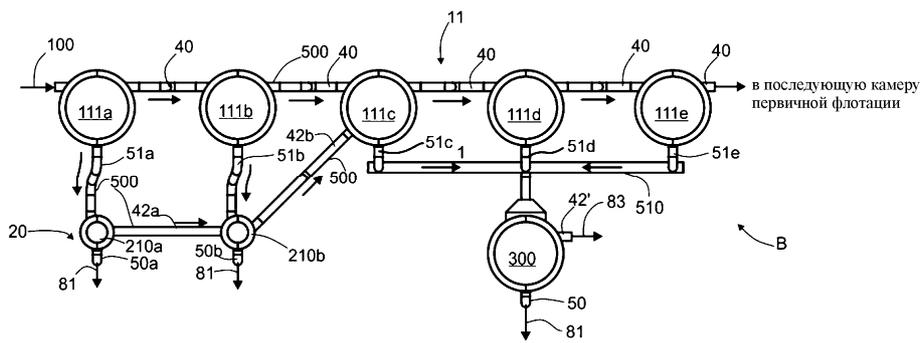
Фиг. 6с



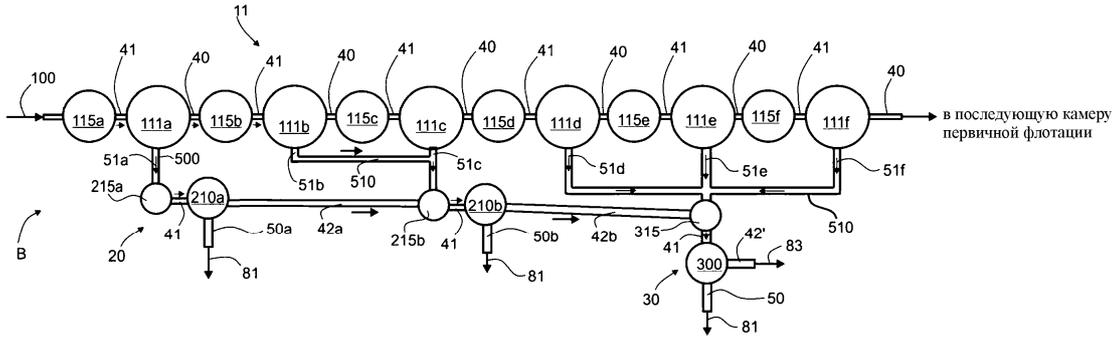
Фиг. 7



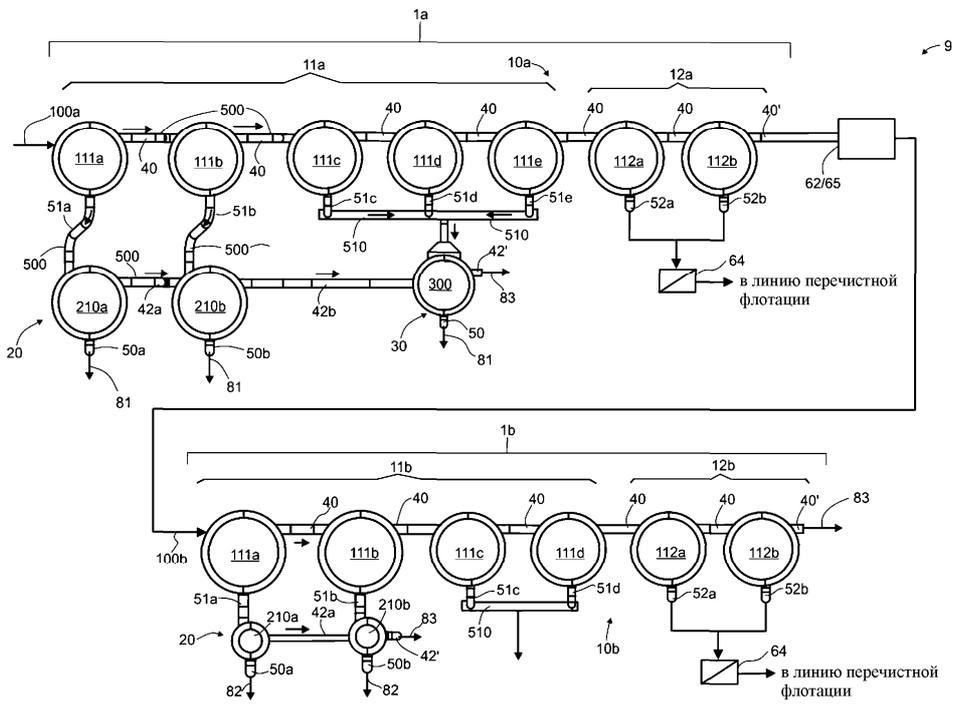
Фиг. 8



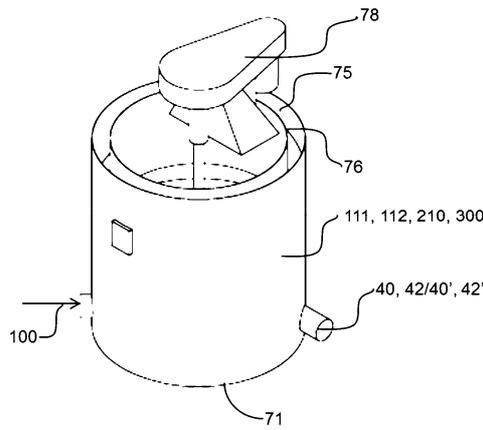
Фиг. 9



Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16