

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201991776** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.02.13

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

(22) Дата подачи заявки
2018.02.14

(54) ФЛОТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО

(31) PCT/FI2017/050094

(72) Изобретатель:

(32) 2017.02.15

Ринне Антти (FI), Бурк Питер (AU)

(33) FI

(74) Представитель:

(86) PCT/FI2018/050107

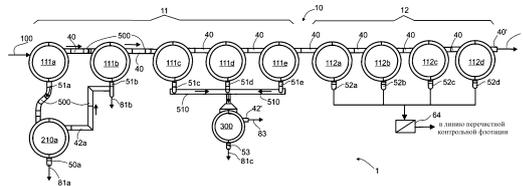
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)**

(87) WO 2018/150093 2018.08.23

(71) Заявитель:

ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(57) Предложено флотационное устройство для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. Устройство содержит линию (10) первичной флотации с узлом (11) грубой флотации и узлом (12) контрольной флотации. Верхний продукт по меньшей мере из одной камеры (111a) первичной грубой флотации направляется непосредственно в камеру (210a) пересчетной грубой флотации. Нижний продукт (42a) из первой камеры пересчетной грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом (51b) из камеры первичной грубой флотации ниже по потоку (111b) от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера (210a) пересчетной грубой флотации может получать первичный верхний продукт (51a); или с объединенными верхними продуктами (51b, 51c, 51d, 51e) из камер первичной флотации (111c, 111d, 111e) узла грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера пересчетной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или с верхним продуктом (42b) из дополнительной камеры (210b) пересчетной грубой флотации, выполненной с возможностью получать первичный верхний продукт по меньшей мере из одной камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера пересчетной грубой флотации может получать первичный верхний продукт.



A1

201991776

201991776

A1

ФЛОТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее 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 настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п. 1 формулы изобретения.

Применение флотационного устройства, выполненного в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п. 41 формулы изобретения.

Флотационная установка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п. 51 формулы изобретения.

Способ флотации, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется признаками, представленными в п. 61 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, причем разделение осуществляется с помощью флотационного газа, и при этом устройство содержит линию первичной флотации, содержащую узел грубой флотации с по меньшей мере двумя камерами первичной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении друг с другом, причем верхний продукт из по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации может протекать непосредственно в камеру перемешивания грубой флотации, расположенную в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта из камеры первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата. Линия первичной флотации дополнительно содержит узел контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами первичной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении друг с другом, причем верхний продукт из камер первичной контрольной флотации может протекать обратно в

камеру грубой флотации линии первичной флотации, или в стадию повторного измельчения, а затем в линию перечистной контрольной флотации. В линии первичной флотации следующая камера первичной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предшествующей камеры первичной флотации. Флотационное устройство отличается тем, что нижний продукт из первой камеры перечистной грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом из камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или с объединенными верхними продуктами из камер первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или с верхним продуктом из дополнительной камеры перечистной грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт.

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

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

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 последовательно соединенные и проточно сообщающиеся стадии грубой флотации, причем первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии грубой флотации направляют на стадию перечистной грубой флотации для извлечения первого концентрата, причем указанная по меньшей мере одна стадия грубой флотации и стадия перечистной грубой флотации расположены последовательно и проточно сообщаются. Первичная флотация дополнительно включает по меньшей мере две последовательно расположенные и проточно соединенные стадии контрольной флотации, причем первичный верхний продукт из стадии контрольной флотации направляют обратно в первые стадии грубой флотации или в стадию повторного измельчения, а затем в стадию перечистной флотации. В первичной флотации первичный

нижний продукт из предыдущей стадии первичной флотации направляют на следующую стадию первичной флотации. Способ флотации отличается тем, что нижний продукт из первой стадии грубой флотации объединяют с верхним продуктом из стадии первичной перемешивающей грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перемешивающей грубой флотации получает первичный верхний продукт; или объединяют с верхними продуктами из стадий первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перемешивающей грубой флотации получает первичный верхний продукт; или с верхним продуктом из дополнительной стадии перемешивающей грубой флотации, получающей первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перемешивающей грубой флотации получает первичный верхний продукт.

С помощью изобретения, описанного в настоящем документе, обработка пульпы может быть нацелена 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, то есть 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 линии первичной флотации. В то же время верхний продукт из по меньшей мере одной или нескольких камер первичной флотации направляется в камеру перемешивающей грубой флотации или в несколько камер перемешивающей грубой флотации, которые можно понимать как линию обработки, содержащую перемешивающие камеры для эффективного отделения любых нежелательных частиц от материала, извлеченного из флотационных камер линии первичной флотации. Более конкретно, верхний продукт из камеры или камер первичной грубой флотации направляется в по меньшей мере одну камеру перемешивающей грубой

флотации для последующей обработки. Путем направления вторичного нижнего продукта 42а из первой камеры перемешивающей грубой флотации ниже по потоку вдоль линии первичной флотации или в верхний продукт(ы) из расположенной ниже по потоку камеры (камер) первичной грубой флотации, или в верхний продукт из дополнительной камеры перемешивающей грубой флотации, в соответствии с изобретением, может быть также гарантировано извлечение большей части ценного минерального материала. В то же время потоки пульпы, имеющие сходные характеристики (например, распределение частиц руды по размеру, количество ценного материала, содержащегося в частицах руды), могут быть эффективно объединены для одновременной обработки, чтобы сделать весь процесс более эффективным.

Кроме того, когда нижний продукт из камеры или камер первичной флотации или из камеры или камер перемешивающей грубой флотации направляется вниз по потоку вдоль линии первичной флотации, или в верхний продукт еще одной / дополнительной камеры перемешивающей грубой флотации в направлении потока пульпы, или в первичный верхний продукт в перемешивающих камерах 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 можно 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 камер перемешивающей грубой флотации, тогда как линия первичной флотации в особенности обеспечивает эффективное полное извлечение частиц руды, содержащих ценный минерал. Флотационное устройство позволяет повысить сортность без использования высокоинтенсивной перекачки, что обеспечивает значительные преимущества по сравнению с современным уровнем техники.

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

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

Организация линий флотации таким образом, чтобы по меньшей мере некоторые или все флотационные камеры (то есть 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 камерах перечистой грубой флотации расположены на разных уровнях: например, дно первой флотационной камеры в линии первичной флотации может быть расположено выше дна следующей дополнительной камеры первичной флотации (камеры первичной грубой или контрольной флотации) и/или выше дна первой камеры

перечистой грубой 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 перемещаться под действием силы тяжести без каких-либо отдельных насосов. Напорный градиент принудительно направляет поток пульпы к выпускному отверстию для хвостов или к выпускным отверстиям линии флотации. Это может уменьшить необходимость в дополнительной перекачке. Кроме того, требования к мощности перекачки могут быть снижены, поскольку поток материала направлен вниз по направлению действия силы тяжести из-за перепада уровня поверхности пульпы. Это может быть применено даже к вариантам выполнения, в которых уровни поверхности пульпы соседних флотационных камер в линии флотации находятся на одном уровне. Снижение потребности в энергоемкой перекачке приводит к экономии энергопотребления, а также к упрощению выполнения процесса флотации и к уменьшению потребности в пространстве для строительства.

Под направлением указанного по меньшей мере одного первого первичного верхнего продукта непосредственно в по меньшей мере одну стадию первой перечистой грубой флотации для извлечения первого концентрата подразумевается, что между стадией первичной флотации и стадией перечистой грубой 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 суспензии), несколькими различными способами.

Под флотационным устройством в настоящем документе подразумевается сборка, содержащая несколько, по меньшей мере два флотационных блока или две флотационные камеры, которые расположены в проточном соединении друг с другом для обеспечения либо гравитационного, либо перекачиваемого потока пульпы между флотационными камерами, с формированием линии флотации. Устройство предназначено для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, путем флотации. Таким образом, ценные металлосодержащие частицы руды извлекаются из частиц руды, взвешенных в пульпе. Пульпа подается через впускное отверстие в первую флотационную камеру линии флотации для инициирования 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 следующей 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 следующую флотационную камеру в качестве питания, 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 в 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, то есть 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, либо в линии, содержащей камеры перечистой грубой флотации, либо взаимосвязь между флотационной камерой линии первичной флотации и камерой перечистой грубой 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, флотомашина 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 HydroFloatTM), в которой пузырьки воздуха или другого флотационного газа, которые диспергируются системой псевдооживления, просачиваются через зону затрудненного схватывания и прикрепляются к гидрофобному компоненту, изменяя его плотность и делая его достаточно плавучим, чтобы обеспечить его всплытие и извлечение. В псевдооживленном слое во флотационной камере осевое смещение не требуется. Флотационная камера также может относиться к типу, где механическая флотационная камера (то есть 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 из по меньшей мере одной переливной флотационной камеры в виде верхнего продукта пульпы. Поскольку переливная камера работает практически без глубины пены или слоя пены, фактически на поверхности пульпы, в верхней части флотационной камеры не образуется пенная зона. Пена в камере может быть прерывистой. Результатом этого является то, что более ценные минеральные частицы могут быть вовлечены в поток концентрата и общее извлечение ценного материала может быть увеличено.

Все флотационные камеры флотационного устройства, выполненного в соответствии с изобретением, могут быть одного типа, то есть флотационные камеры в узле грубой флотации, флотационные камеры в узле контрольной флотации и камеры перечистой грубой 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, то есть 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 (или более) концентратам частиц руды, включающим один и тот же ценный минерал, но два (или более) 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 можно большего количества ценных минералов с меньшим акцентом на качество получаемого концентрата.

Предварительный концентрат обычно подвергают последующим стадиям перечистной флотации в камере или 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, перечистной / очистной стадией и/или перечистной 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, стирание, 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 перечистную флотационную камеру, 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 флотационной камеры, 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 первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации может протекать во вторую камеру перечистной грубой флотации, расположенную в проточном сообщении с указанной последующей камерой первичной грубой флотации и выполненную с возможностью получения первичного верхнего продукта из последующей камеры первичной грубой флотации для извлечения второго концентрата.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства нижний продукт из второй камеры перечистной грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом из камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или с объединенными верхними продуктами из камер первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или с верхним продуктом из

последующей камеры первичной грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта из одной или нескольких камер первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт.

Путем объединения потоков пульпы с практически одинаковыми характеристиками (например, распределением частиц по размеру руды, количеством ценного материала, содержащегося в частицах руды), можно повысить общую эффективность процесса флотации внутри флотационного устройства без существенного увеличения потребления энергии или пространства, необходимого для размещения флотационного устройства. В то же время, поскольку изначально качественную пульпу обрабатывают только один раз в линии первичной флотации, то есть можно избежать любой дорогостоящей и ненужной излишней обработки, можно гарантировать, что любые частицы руды, содержащие ценный минерал, которые могут по разным причинам оказаться в нижнем продукте, собираются в концентрат, что также повышает эффективность.

В одном варианте выполнения изобретения дополнительная камера перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой первичный верхний продукт не может протекать в первую или вторую флотационную камеру перечистной грубой флотации.

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

Дополнительная камера перечистной грубой флотации может работать как камера полного извлечения. Фактически, этот тип устройства может препятствовать попаданию частиц руды, содержащих ценный минерал, в поток хвостов, дополнительно обеспечивая, тем самым, хорошее извлечение желаемого концентрата.

Используя дополнительную камеру перечистной грубой флотации, можно гарантировать, что весь доступный ценный минерал будет извлечен из потока пульпы линии первичной флотации в верхний продукт или концентрат. Потеря частиц руды,

содержащих ценный минерал, может быть сведена к минимуму, что дополнительно повышает эффективность извлечения 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 перечистой грубой флотации также может быть направлен в контур или в стадию измельчения для обеспечения извлечения частиц руды, содержащих ценный минерал, из этого потока пульпы.

Кроме того, одновременно, когда нижний продукт из одной или нескольких камер перечистой грубой флотации становится эффективно повторно обработанным, необходимость в перекачке может быть снижена. После этой операции с дополнительной камерой перечистой грубой 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 желаемого концентрата. Кроме того, нижний продукт из дополнительной камеры перечистой грубой флотации может быть направлен в стадию последующей обработки. Нижний продукт может быть особенно подходящим для последующей стадии измельчения.

Под дополнительной камерой перечистой грубой флотации здесь подразумевается флотационная камера, из которой верхний продукт выводится из флотационного устройства, например, непосредственно в стадию последующей обработки, такую как стадия измельчения или стадия вспенивания. Нижний продукт из дополнительной камеры грубой флотации может быть направлен назад вверх по потоку в первую камеру первичной грубой флотации в линии первичной флотации или в камеру первичной грубой флотации выше по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой был получен верхний продукт в дополнительную камеру перечистой грубой флотации, или выведен 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 последующего концентрата.

В одном варианте выполнения флотационного устройства камеры перечистой грубой флотации расположены в непосредственном проточном сообщении с камерой или камерами первичной грубой флотации, из которых они могут 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.

В некоторых случаях традиционного процесса пенной флотации верхний продукт из первой флотационной камеры может быть первоначально направлен в стадию повторного измельчения или в другую стадию последующей обработки, прежде чем он будет направлен в перечистную флотационную камеру. Это особенно типично для традиционного процесса флотации, включающего стадию грубой или контрольной флотации, за которой следует стадия перечистой 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 перечистой грубой флотации, и сама эта камера перечистой грубой 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. Однако в равной степени возможно, что нижние продукты или некоторые из нижних продуктов из камеры или камер перечистой грубой флотации могут быть подвергнуты стадии повторного измельчения перед подачей потока далее во флотационное устройство, чтобы эффективно высвободить частицы, содержащие ценный минерал. Например, нижний продукт из первой камеры перечистой грубой флотации может быть повторно измельчен перед направлением в объединенные верхние продукты из последующих камер первичной грубой флотации, для обработки в дополнительной камере перечистой грубой флотации. Также возможно, что объединенный поток пульпы, содержащий нижний продукт из одной или нескольких камер перечистой грубой флотации и верхний продукт из одной или нескольких камер первичной грубой флотации, может быть сначала подвергнут стадии повторного измельчения и только после этого направлен в дополнительную камеру перечистой грубой флотации в виде подлежащего обработке питания.

В одном варианте выполнения флотационного устройства линия первичной

флотации содержит по меньшей мере четыре флотационные камеры, или от 4 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 камера перечистой грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из 1-3 камер первичной грубой флотации или из 1-2 камер первичной грубой флотации.

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства камера перечистой грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из одной камеры первичной грубой флотации.

В одном варианте выполнения флотационной установки вторая камера перечистой грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере двух камер первичной грубой флотации.

Даже одной камеры перечистой грубой флотации может быть достаточно для очистки верхнего продукта из некоторого количества камер первичной флотации до разумного уровня, то есть повышения содержания концентрата, извлеченного из линии первичной флотации. Нижний продукт даже из камер перечистой грубой флотации может иметь достаточно большой объем, так что он может быть отправлен на последующую обработку в линию первичной флотации для последующего увеличения

извлечения.

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 высокой сортности требуется только небольшое количество камер перечистной грубой флотации, действующих в качестве камер полного извлечения.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первая камера перечистной грубой флотации имеет больший объем, чем вторая камера перечистной грубой флотации.

Первая камера первичной грубой флотации может иметь концентрат более высокого содержания в своем верхнем продукте, чем более поздние камеры первичной грубой флотации в линии первичной флотации. Верхние продукты из этих более поздних камер первичной флотации могут затем обрабатываться в более мелких камерах перечистной грубой флотации, что, таким образом, сокращает время флотации. Такая конструкция может обеспечить получение концентрата более высокой сортности также и из дополнительных камер перечистной грубой флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства вторая камера перечистной грубой флотации имеет больший объем, чем первая камера перечистной грубой флотации.

Верхний продукт из камеры или камер первичной грубой флотации, поступающий в первую камеру перечистной грубой флотации, может иметь более высокое качество (то есть более высокую сортность), чем верхний продукт из камер первичной грубой флотации, расположенных ниже по потоку в линии первичной грубой флотации, по направлению ко второй камере перечистной грубой флотации. Таким образом, от второй камеры перечистной грубой флотации может потребоваться больший объем для эффективной обработки пульпы. Кроме того, чрезмерная обработка в первой линии перечистной грубой 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 первая камера перечистной грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 150 м^3 , или по

меньшей мере 500 м³, или по меньшей мере 2000 м³.

В одном варианте выполнения флотационного устройства вторая камера перечистой грубой флотации имеет объем, равный по меньшей мере 100 м³, или по меньшей мере 300 м³, или по меньшей мере 500 м³.

Использование флотационных камер с объемным размером не менее 400 м³ увеличивает вероятность столкновений между пузырьками газа, созданными во флотационных камерах, например, с помощью ротора, и частицами, содержащими ценный минерал, улучшая, тем самым, степень извлечения ценного минерала, а также общую эффективность флотационного устройства. 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, может 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 перечистой грубой флотации равен объему первой камеры перечистой грубой флотации или меньше, чем объем первой камеры перечистой грубой флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства первая камера перечистой грубой флотации имеет объем от 100 до 2000 м³, предпочтительно, объем от 400 до 1000 м³.

Использование флотационных камер с объемным размером не менее 400 м³ увеличивает вероятность столкновений между пузырьками газа, созданными во флотационных камерах, например, с помощью ротора, и частицами, содержащими ценный минерал, улучшая, тем самым, степень извлечения ценного минерала, а также общую эффективность флотационного устройства. 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, может 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 вторая камера перечистой грубой флотации имеет объем от 100 до 2000 м³, предпочтительно, объем от 300 до 1000 м³.

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

Когда первые камеры первичной грубой флотации имеют относительно большой объем, в больших следующих флотационных камерах может и не быть необходимости, но, скорее флотационные камеры (камеры первичной грубой флотации или камеры перечистой грубой 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 возможно иметь флотационные камеры меньшего объема и при этом достичь высокой степени извлечения.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объем первой камеры перечистой грубой флотации составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации или от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой она может получать первичный верхний продукт.

В одном варианте выполнения флотационного устройства объем второй камеры перечистой грубой флотации составляет от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, или от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой она может получать первичный верхний продукт.

Под совокупным объемом в настоящем документе подразумевается совокупный объем камер первичной грубой флотации, из которой камера перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт. Например, вторая камера перечистой грубой 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 высокой сортностью. Когда камеры перечистой грубой флотации меньше, время пребывания частиц руды внутри флотационной камеры меньше, то есть меньше времени для флотации требуемого концентрата. Таким образом, полученный таким образом концентрат имеет более высокую сортность.

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между любыми двумя флотационными камерами, проточно сообщаемыми друг с другом, перемещается под действием силы тяжести.

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой перечистой грубой флотации, проточно сообщаемой 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 перечистой грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

В еще одном варианте выполнения флотационного устройства поток пульпы между второй камерой первичной грубой флотации и второй камерой перечистой грубой 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, то есть 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, то есть 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.

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 метра, то есть 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 из по меньшей мере 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 верхние продукты их камер переместившей грубой 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 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, и первую камеру перечистной грубой флотации, выполненную с возможностью получения верхнего продукта из первых камер первичной грубой флотации обеих линий первичной флотации.

В таких устройствах может быть возможно иметь больший объем питания пульпы в камеру перечистной грубой флотации. Следовательно, может быть целесообразно использовать флотационные камеры большего объема также и в камерах перечистной грубой флотации, преимущества которых, в основном связанные с эффективностью, уже обсуждались ранее в этом описании.

В одном варианте выполнения флотационного устройства флотационные камеры содержат камеры пенной флотации.

В одном варианте выполнения флотационного устройства третья камера первичной грубой флотации 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 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

подают в подготовительную флотационную камеру, в которой установлен импеллер.

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

В одном варианте выполнения флотационного устройства частицы минеральной руды содержат Cu, или Zn, или Fe, или пирит, или сульфид металла, такой как сульфид золота. 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 (то есть 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 которой 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 которой поток пульпы между камерами первичной 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 камерой первичной грубой флотации и камерой перечистой грубой флотации, проточно соединенной 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 первая камера первичной грубой флотации и первая камера перечистой грубой флотации приводятся в действие 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 второй камерой первичной грубой флотации и второй камерой перечистой грубой 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 флотационные камеры в линии первичной флотации указанного по меньшей мере одного первого флотационного устройства для извлечения первого концентрата и флотационные камеры в линии 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 флотореагентов 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 питания, то есть потока пульпы, входящего 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, возможно 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 прилипать к этим частицам и удаления их из флотационной камеры в верхнем продукте, тогда как ценный минеральный материал, содержащий частицы руды, извлекается в нижнем продукте, инвертируя, таким образом, традиционные 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 камеру перемешивания грубой флотации для повторной обработки, по меньшей мере некоторые частицы минеральной руды, содержащие Fe, могут быть перенаправлены в нижний продукт камеры перемешивания грубой 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 настоящим изобретением, первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей стадии первичной грубой флотации направляют во вторую стадию

перечистой грубой флотации, причем указанная по меньшей мере одна последующая стадия грубой флотации и указанная вторая стадия перечистой грубой флотации расположены последовательно и в проточном сообщении.

В одном варианте выполнения способа флотации нижний продукт из второй стадии перечистой грубой флотации объединяют с верхним продуктом из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт; или с объединенными верхними продуктами из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистой грубой флотации получает верхний продукт; или с верхним продуктом из дополнительной стадии перечистой грубой флотации, получающей первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистой грубой флотации получает верхний продукт.

В одном варианте выполнения способа флотации дополнительная стадия перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой первая или вторая стадия перечистой грубой флотации не получает первичный верхний продукт.

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

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

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

В одном варианте выполнения способа флотации пенную флотацию используют по меньшей мере в одной стадии первичной флотации и/или по меньшей мере в одной стадии перечистой грубой флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации переливную флотацию используют в первой стадии грубой флотации или как в первой стадии грубой флотации,

так и во второй стадии грубой флотации.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Прилагаемые чертежи, которые включены для обеспечения дополнительного понимания настоящего изобретения и которые составляют часть данного описания, иллюстрируют варианты выполнения изобретения и вместе с описанием помогают объяснить принципы настоящего изобретения.

Фиг.1 изображает блок-схему для вариантов выполнения изобретения.

Фиг.2 изображает блок-схему для вариантов выполнения изобретения.

Фиг.3 изображает блок-схему для вариантов выполнения изобретения.

Фиг.4 изображает блок-схему для вариантов выполнения изобретения.

Фиг.5 изображает блок-схему для вариантов выполнения изобретения.

Фиг.6 изображает блок-схему для вариантов выполнения изобретения.

Фиг.7 изображает блок-схему для вариантов выполнения флотационной установки, выполненной в соответствии с изобретением.

Фиг.8 изображает упрощенный схематический вид в аксонометрии флотационного резервуара.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

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

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

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

Приложенные Фиг.1-6 чертежей иллюстрируют флотационное устройство 1, а Фиг.7 чертежей схематически иллюстрирует флотационную установку 9. На Фиг.8 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.1. При прочтении следующего описания ссылка в основном делается на эту фигуру чертежей, если не указано иное.

Для разделения пульпы на нижний продукт 40 и верхний продукт 51а в первую камеру 111а первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации поступает поток пульпы, то есть питание 100 пульпы, содержащее 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.8. Флотационная камера может содержать импеллер 78 в форме механической мешалки, как показано на Фиг.8, или любой другой подходящий импеллер для ускорения столкновений между пузырьками флотационного газа и частиц руды. В одном варианте выполнения во флотационную камеру, где пульпа разделяется на верхний продукт и нижний продукт, может подаваться или вводиться флотационный газ. В одном варианте выполнения флотационный газ может подаваться в ту часть флотационной камеры, в которой установлен импеллер, то есть 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 прикрепится 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-е первичной грубой флотации частицы руды, содержащие ценный минерал, перетекают через переливную кромку 76 флотационной камеры для сбора в желоб 75. В случае обратной флотации, естественно, частицы руды, не содержащие ценный минерал, собираются в верхнем продукте, тогда как частицы руды, содержащие ценный минерал, извлекаются с помощью нижнего продукта.

Эта фракция пульпы называется первичным верхним продуктом 51а-е. Из камеры

210а перечистой грубой флотации верхний продукт 50а 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.

Первичный верхний продукт 51а из по меньшей мере одной камеры 111а первичной переливной грубой флотации может протекать непосредственно в первую камеру 210а перечистой грубой флотации, причем эта флотационная камера расположена в проточном сообщении с камерой 111а первичной грубой флотации.

Верхний продукт 50 из первой камеры 210а перечистой грубой флотации извлекается в виде первого концентрата 81а. Первый концентрат 81а 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.

Флотационное устройство 1 может также содержать вторую камеру 210b перечистой грубой флотации, в которую направляется первичный верхний продукт 51b из по меньшей мере одной последующей камеры 111b первичной грубой флотации. Вторая камера 210b перечистой грубой флотации проточно сообщается с последующей камерой 111b первичной грубой флотации. Верхний продукт 50b из второй камеры 210b перечистой грубой флотации извлекается в качестве второго концентрата 81b, который может отличаться по характеристикам от первого концентрата 81а.

Кроме того, флотационное устройство 1 может содержать дополнительную камеру 300 перечистой грубой флотации, предназначенную для получения первичного верхнего продукта 51 из по меньшей мере одной камеры 111 первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры 111а первичной грубой флотации, из которой первая камера 210а перечистой грубой может получать первичный верхний продукт 51а. Верхний продукт 53 из дополнительной камеры 300 перечистой грубой флотации извлекается в виде третьего концентрата 81с, который может отличаться по характеристикам от первого и/или второго концентратов 81а, 81b.

Дополнительная камера 300 перечистой грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51с из по меньшей мере одной последующей камеры 111с первичной грубой флотации, из которой первичный верхний продукт 51 не может протекать в первую или во вторую камеру 210а, 210с перечистой грубой флотации (см. Фиг.1, 4).

В качестве альтернативы или дополнительно, первая камера 210а пересчетной грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51а из первой камеры 111а первичной грубой флотации, а дополнительная камера 300 пересчетной грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b, 51с из по меньшей мере двух последующих камер 111b, 111с первичной грубой флотации (на Фиг.2 показан вариант выполнения, в котором дополнительная камера 300 пересчетной грубой флотации получает первичный верхний продукт 51b-3 из четырех последующих камер 111b-e первичной грубой флотации).

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 111а первичной грубой флотации в качестве нижнего продукта 40. Нижний продукт 40 направляют в следующую камеру 111b первичной грубой флотации, которая получает нижний продукт 40 в качестве питания из предыдущей камеры 111а первичной грубой флотации. Пульпа обрабатывается в следующей камере 111b первичной грубой флотации так же, как в первой камере 111а первичной грубой флотации, способом, хорошо известным специалисту в данной области.

Линия 10 первичной флотации содержит узел 11 грубой флотации, по меньшей мере с двумя камерами 111а, 111b первичной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, за которым следует узел 12 контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами 112а, 112b первичной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении. Последняя камера 111е первичной грубой флотации соединена последовательно и расположена в проточном сообщении с первой камерой 112а 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 51а из первой камеры 111а первичной грубой флотации может быть направлен непосредственно в камеру 210а пересчетной грубой флотации или даже в дополнительную камеру 300 пересчетной грубой флотации.

Верхний продукт 52а-d из камер 112а-d первичной контрольной флотации может протекать обратно в камеру 111а-f первичной грубой флотации (см. Фиг.6). В качестве альтернативы, верхний продукт 52а-d из камер 112а-d первичной контрольной флотации может протекать в стадию 64 повторного измельчения, а затем в линию пересчетной контрольной флотации (см. Фиг.1-5).

Первичный верхний продукт 52 из по меньшей мере одной камеры 112 первичной контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию 64 повторного измельчения. В одном варианте выполнения объединенные первичные верхние продукты 52a-d из камер 112a-d первичной флотации узла 12 контрольной флотации могут 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.

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 камеры 111a-f, 112a-d первичной флотации расположены на некотором расстоянии друг от друга. В качестве альтернативы, любые две соседние или последовательные камеры 111a-f, 112a-d первичной флотации могут быть соединены непосредственно, 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 камера 210a перемешивающей грубой флотации, также как и вторая или любая другая камера 210b перемешивающей грубой флотации, а также и дополнительная камера 300 перемешивающей грубой флотации могут быть расположены в непосредственном проточном сообщении с первой камерой 111a, 111b первичной грубой флотации, из которой камера 210a, 210b, 300 перемешивающей грубой флотации получает верхний продукт 51a, 51b, то есть между камерами 111 грубой флотации в линии 10 первичной флотации и камерами 210, 300 перемешивающей грубой флотации отсутствуют какие-либо стадии последующей обработки, такие как стадия измельчения или стадия подготовки.

Из последней камеры 112d первичной контрольной флотации в 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 м^3 . В качестве альтернативы, первая камера 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 500 м^3 . В качестве альтернативы, первая камера 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере, 2000 м^3 .

Вторая камера 111b первичной грубой флотации или любая из следующих камер 111b-e первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 100 м^3 . В качестве альтернативы, вторая камера 111b первичной грубой флотации или любая из следующих камер 111b-e первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 300 м^3 . В качестве альтернативы, вторая камера 111b первичной грубой флотации или любая из следующих камер 111b-e первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации может иметь объем, равный по меньшей мере 500 м^3 .

В вариантах выполнения изобретения вторая камера 111b первичной грубой флотации, некоторые из следующих камер 111b-e первичной грубой флотации ниже по

потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации или все следующие камеры 111b-e 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. В вариантах выполнения изобретения вторая камера 111b первичной грубой флотации, некоторые из следующих камер 111b-e первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации или все следующие камеры 111b-e первичной грубой флотации ниже по потоку от первой камеры 111a первичной грубой флотации могут иметь меньший объем, чем первая камера 111a первичной грубой флотации.

Первичный верхний продукт 51a из первой камеры 111a первичной грубой флотации направляется в первую камеру 210a перечистной грубой флотации. Первая камера 210a перечистной грубой флотации расположена в непосредственном проточном сообщении с по меньшей мере одной первой камерой 111a первичной грубой флотации. Первая камера 210a перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51a из указанной по меньшей мере одной первой камеры 111a первичной грубой флотации в качестве питания для извлечения первого концентрата 81a, содержащего частицы руды с ценным минералом или минералами. Первая камера 210a перечистной грубой флотации, как и любые другие камеры перечистной грубой флотации, работает на стандартных принципах флотации, как описано ранее в этом описании. Верхний продукт 50a из первой камеры 210a перечистной грубой флотации собирается в качестве первого концентрата 81a, который затем может быть направлен в любую подходящую стадию последующей обработки, известную в данной области техники.

Первая камера 210a перечистной грубой флотации расположена в проточном сообщении с по меньшей мере одной камерой 111a первичной грубой флотации и выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51a из указанной по меньшей мере одной камеры 111a первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата 81a. Вторая камера 210b перечистной грубой флотации может быть расположена в проточном сообщении с по меньшей мере одной последующей камерой 111b первичной грубой флотации и может получать первичный верхний продукт 51b из указанной по меньшей мере одной последующей камеры 111b первичной грубой флотации для извлечения второго концентрата 81b.

Вторичный нижний продукт 42a из первой камеры 210a перечистной грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 51b из камеры 111b первичной

грубой флотации ниже по потоку от камеры 111а первичной грубой флотации, из которой первая камера 210а перемешивающей грубой флотации может получать первичный верхний продукт 51а (см. Фиг.1, 5). В качестве альтернативы, вторичный нижний продукт 42а из первой камеры 20а первичной грубой флотации может быть объединен с объединенными верхними продуктами 51b-e из камер 111b-e первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры 111а первичной грубой флотации, из которой первая камера 210а перемешивающей грубой флотации может получать первичный верхний продукт 51а (см. Фиг.2, 4, 6). В качестве альтернативы, вторичный нижний продукт 42а из первой камеры 20а первичной грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 53 из дополнительной камеры 300 перемешивающей грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b-e из по меньшей мере одной камеры 111b-e первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры 111а первичной грубой флотации, из которой первая камера 201а перемешивающей грубой флотации может получать первичный верхний продукт 51а (см. Фиг.3).

В случае, когда первичный верхний продукт 51b из по меньшей мере одной последующей камеры 111b первичной грубой флотации может протекать во вторую камеру 210b перемешивающей грубой флотации, нижний продукт 42b из второй камеры 210b перемешивающей грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 51с из камеры 111с первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей камеры 111b первичной грубой флотации, из которой вторая камера 210b перемешивающей грубой флотации может получать первичный верхний продукт 51b (этот вариант выполнения не показан на чертежах). В качестве альтернативы, нижний продукт 42b из второй камеры 210b перемешивающей грубой флотации может быть объединен с объединенными верхними продуктами 51с-51е из камер 111с-е первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей камеры 111b первичной грубой флотации, из которой вторая камера 210b перемешивающей грубой флотации может получать первичный верхний продукт 51b (см. Фиг.4, 5). В качестве альтернативы, нижний продукт 42b из второй камеры 210b перемешивающей грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 53 из дополнительной камеры 300 перемешивающей грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта 51с-е из одной или нескольких камер 111с-е первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей камеры 111b первичной грубой флотации, из которой вторая камера 210b перемешивающей грубой флотации может получать первичный верхний продукт 51b (см. Фиг.4, 5, где эта альтернатива показана пунктирными стрелками).

Вторичные нижние продукты 42а, 42б могут быть объединены с первичными верхними продуктами 51а-е, как описано выше, путем направления потока пульпы в трубопровод 500 между различными флотационными камерами или в сборный трубопровод 510, расположенный для сбора верхних продуктов 51б-е из некоторого количества камер 111б-е первичной грубой флотации, как видно из прилагаемых чертежей.

В одном варианте выполнения нижний продукт 42' из дополнительной камеры 300 перечистой грубой флотации может вытекать из флотационного устройства 1 в виде потока 83 хвостов.

Первая камера 210а перечистой грубой флотации, проточно сообщающаяся с камерой 111а первичной грубой флотации, может иметь объем от 100 до 2000 м³. В качестве альтернативы, первая камера 210а перечистой грубой флотации может иметь объем от 400 до 1000 м³. Вторая камера 210б перечистой грубой флотации, проточно сообщающаяся с последующей камерой 111б первичной грубой флотации, может иметь объем от 100 до 2000 м³. В качестве альтернативы, вторая камера 210б перечистой грубой флотации может иметь объем от 300 до 1000 м³.

Объем первой камеры 210а перечистой грубой флотации, проточно сообщающейся с по меньшей мере одной камерой 111а первичной грубой флотации, может составлять от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 111а первичной грубой флотации. В качестве альтернативы, объем первой камеры 210а перечистой грубой флотации, проточно сообщающейся с по меньшей мере 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.7, где второе флотационное устройство установки 9 содержит такие камеры 210а, 210б перечистой грубой флотации).

Объем второй камеры 210б перечистой грубой флотации, проточно сообщающейся с по меньшей мере одной камерой 111 первичной грубой флотации, может составлять от 2 до 50% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 111 первичной грубой флотации. В качестве альтернативы, объем второй 210б перечистой грубой флотации может составлять от 3 до 30% от совокупного объема указанной по меньшей мере одной камеры 111 первичной грубой флотации.

Под совокупным объемом в настоящем документе подразумевается объединенный объем камер 111а первичной грубой флотации, из которых камера 210а, 210б перечистой грубой флотации получает верхний продукт 51. Например, первая камера 210а

перечистой грубой флотации может получать верхние продукты 51а из более чем одной флотационной камеры 111 узла грубой флотации в линии 10 первичной флотации. В этом случае совокупный объем представляет собой объединенный объем камер 111 первичной грубой флотации.

Камера 210а, 210b перечистой грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51 из 1-3 камер 111 первичной грубой флотации. В одном варианте выполнения камера 210а, 210b перечистой грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из 1-2 камер 111 первичной грубой флотации. В одном варианте выполнения камера 210а, 210b перечистой грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51а, 51b не более чем из двух камер 111а, 111b первичной грубой флотации. В одном варианте выполнения камера 210а перечистой грубой 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 210b перечистой грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b, 51с из по меньшей мере двух камер 111b, 111с первичной грубой флотации (см. Фиг.12). Указанная последующая камера 210b перечистой грубой 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 перечистой грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51b-d из 1-2 камер 110b-с первичной грубой флотации. Вариант выполнения, в котором последующая камера 210b перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт 51b из одной камеры 111b первичной грубой флотации, изображен, например, на Фиг.1а-в и 2а-с. В одном варианте выполнения вторая камера 210а перечистой грубой флотации может быть выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта 51 из по меньшей мере двух камер 111 первичной грубой флотации.

Объем первой камеры 210а перечистой грубой флотации может быть больше, чем объем второй камеры 210b перечистой грубой флотации. В альтернативном варианте выполнения объем второй камеры 210b перечистой грубой флотации может быть больше, чем объем первой камеры 210а перечистой грубой флотации.

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51а из камеры 111а

первичной грубой флотации может протекать в две параллельные камеры 210а перечистой грубой флотации. Этот вариант выполнения не показан на фигурах. Такой вариант выполнения может быть легко реализован, например, в варианте выполнения, представленном на Фиг.1, путем размещения второй первой камеры 210а перечистой грубой флотации вблизи или рядом с единственной камерой 210а перечистой грубой флотации и направления верхнего продукта 51а через сборный трубопровод 510 в две параллельные камеры 210а перечистой грубой флотации. Первый концентрат 81 в виде верхнего продукта 50а из обеих двух параллельных первых камер 210а перечистой грубой флотации будет отдельно собираться и направляться дальше, тогда как нижние продукты 42а из обеих двух параллельных первых камер 210а перечистой грубой флотации могут быть либо собраны и направлены вниз по потоку в подходящую точку через сборный трубопровод 510, либо направлены вниз по потоку в подходящую точку по отдельности.

Потоки пульпы, как нижние продукты 40, 42, так и верхние продукты 50, 51, 52, 53 могут перемещаться под действием силы тяжести. То есть 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 111а 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 112а 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 111е первичной грубой флотации и камерой 112а первичной контрольной флотации может перемещаться под действием силы тяжести. В качестве альтернативы или дополнительно, поток пульпы между камерой 111 первичной грубой флотации и камерой 210 перечистой грубой флотации, находящихся в проточном соединении друг с другом, может перемещаться под действием силы тяжести. Например, поток пульпы между первой камерой 111а узла грубой флотации в линии 10 первичной флотации и первой камерой 210а перечистой грубой флотации может перемещаться под действием силы тяжести. Например, поток пульпы между последующей камерой 111b узла грубой флотации в линии 10 первичной флотации и последующей камерой 210b перечистой грубой 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. В качестве альтернативы, переливные кромки 76 флотационных камер, например, камер 111а-с первичной флотации, могут быть расположены на разных высотах.

Ступенька, выполненная между любыми смежными флотационными камерами, приводит к разнице в уровне 70 поверхности пульпы двух смежных флотационных камер. Например, ступенька может быть расположена между двумя камерами 111 первичной грубой флотации в линии 10 первичной флотации, а также между двумя камерами 210а, 210b перечистой грубой флотации. Также возможно, чтобы ступенька была расположена между камерой 111 первичной грубой флотации в линии первичной флотации и по меньшей мере одной камерой 210а перечистой грубой флотации, или между соседними камерами 210а, 210b перечистой грубой флотации, или между последней камерой 111е первичной грубой флотации и первой камерой 112а первичной контрольной флотации, или между двумя камерами 112 первичной 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, 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 способу 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 смежными 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, то есть 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 51c из по меньшей мере одной камеры 111c 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 111c первичной грубой флотации и из по меньшей мере одной последующей камеры 111d первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры 111c первичной грубой флотации могут быть направлены для протекания в стадию 62 последующей обработки. На Фиг.7 показано флотационное устройство 1b, в котором верхние продукты 51c, 51d вышеописанных камер 111c, 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 может представлять собой, например, перечистную флотацию, выполняемую в линии перечистной флотации.

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

Нижний продукт 40' из последней флотационной камеры в линии 10 первичной флотации, то есть 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 дополнительной камеры 300 перечистной грубой флотации может протекать в стадию 62 последующей обработки, или же он может выходить из флотационного устройства 1 в виде хвостов 83.

Кроме того, нижние продукты 42a, 42b из камеры 210a или камер 210a, 210b перечистной грубой флотации могут быть подвергнуты стадии 62 последующей обработки, то есть стадии повторного измельчения перед направлением нижних потоков 42a, 42b далее во флотационном устройстве, чтобы эффективно высвободить частицы,

содержащие ценный минерал. Например, нижний продукт 42а из первой камеры 210а перечистой грубой флотации может быть измельчен перед тем, как он будет направлен в объединенные верхние продукты 51с-е из последующих камер 111с-е первичной грубой флотации, для обработки в дополнительной камере 300 перечистой грубой флотации. В соответствии с одним вариантом выполнения, объединенный поток пульпы, содержащий нижний продукт 42 из одной или нескольких камер 210 перечистой грубой флотации и верхний продукт 51 из одной или нескольких камер 111 первичной грубой флотации, может сначала подвергаться стадии 62 повторного измельчения, и только после этого подаваться в дополнительную камеру 300 перечистой грубой флотации в качестве питания.

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 перечистой флотации. Другими словами, стадия 62 последующей обработки может также включать несколько отдельных стадий процесса в комбинации.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения, флотационное устройство 1 может содержать две линии 10а, 10b первичной флотации. Первая камера 210а перечистой грубой флотации получает верхний продукт 51а из первых камер 111а, 121а первичной грубой флотации в обеих линиях 10а, 10b (не показаны на чертежах). В одном варианте выполнения флотационное устройство 1 может содержать две дополнительные камеры 300а, 300b перечистой грубой флотации, которые выполнены с возможностью получения комбинированных верхних продуктов из последующих камер 111b-е и 121b-е первичной грубой флотации, соответственно, в обеих линиях 10а, 10b первичной флотации. Вторичный нижний продукт 42а из первой камеры 210а перечистой грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 53 из обеих дополнительных камер 300а, 300b перечистой грубой флотации. Нижние продукты 42' из дополнительных камер 300а, 300b перечистой грубой флотации 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 300а, 300b перечистой грубой флотации. Поток 83 хвостов из дополнительных камер 300а, 300b перечистой грубой 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 перемешивающей грубой 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-e 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 линии 10 первичной флотации могут работать как переливные флотационные камеры, подробности которых также были описаны в разделе «Сущность изобретения» настоящего описания.

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, 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 (то есть 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 м³, 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 перемешивающей грубой флотации. «Между» в контексте настоящего описания следует понимать так, что поток пульпы, особенно в контексте потока вторичных нижних продуктов 42, направляется в трубопроводы 500 для объединения в другие потоки пульпы, а не непосредственно в соседнюю флотационную камеру, как это ясно видно из сопровождающих чертежей.

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 перечистой грубой 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 111а первичной грубой флотации и первой камерой 210а перечистой грубой флотации. В качестве альтернативы или дополнительно, в еще одном варианте на применение флотационного устройства, в соответствии с этим описанием, может использоваться сила тяжести для приведения в движение потока пульпы между последующей камерой 110b-f первичной грубой флотации и второй камерой 210b перечистой грубой флотации или дополнительной камерой 300 перечистой грубой 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 1а для извлечения первого концентрата 81 и по меньшей мере одно второе флотационное устройство 1b для извлечения второго концентрата 82 (см. Фиг.7).

В одном варианте выполнения флотационные камеры 111, 112 в линии 10а первичной флотации по меньшей мере одного первого флотационного устройства 1а для извлечения первого концентрата 81 и флотационные камеры 111, 122 в линии 10b первичной флотации по меньшей мере одного второго флотационного устройства 1b для извлечения второго концентрата 82 расположены последовательно (см. Фиг.7).

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 дополнительно 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 пульпу подвергают 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 из по меньшей мере первой стадии 111a первичной грубой флотации направляют в стадию 210a перечистной грубой флотации для извлечения первого концентрата 81. По меньшей мере первая стадия 111a первичной грубой флотации и первая стадия 210a перечистной грубой флотации расположены последовательно и в проточном сообщении друг с другом.

Первичная флотация 10 содержит по меньшей мере две стадии 111a, 111b первичной грубой флотации, соединенные последовательно и в проточном сообщении друг с другом. Первичный верхний продукт 51a из по меньшей мере одной стадии 111a грубой флотации направляют в стадию 210a перечистной грубой флотации для

извлечения первого концентрата 81а. Указанная по меньшей мере одна стадия 111а грубой флотации и стадия 210а перечистой грубой флотации расположены последовательно и проточно сообщаются друг с другом.

Первичная флотация также содержит по меньшей мере две стадии 112а, 112б контрольной флотации, соединенные последовательно и проточно сообщаемые друг с другом. Первичный верхний продукт 52 из стадий 112а, 112б контрольной флотации может быть направлен обратно в первую стадию 111а, 111б грубой флотации или в измельчение 64, а затем в перечистную флотацию. Первичный нижний продукт 51, 52 из предыдущей стадии 111, 112 первичной флотации направляют в следующую стадию первичной флотации.

Нижний продукт 42а из первой стадии 210а перечистой грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 51б из стадии 111б первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии 111а первичной флотации, из которой первая стадия 210а перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт 51а. В качестве альтернативы, нижний продукт 42а из первой стадии 210а перечистой грубой флотации может быть объединен с объединенными верхними продуктами 51б-е из стадий 111б-е первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии 111а первичной флотации, из которой первая стадия 210а перечистой грубой флотации получает верхний продукт. В качестве альтернативы, нижний продукт 42а из первой стадии 210а перечистой грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 53 из дополнительной стадии 300 перечистой грубой флотации, получающей первичный верхний продукт 51б-е из по меньшей мере одной стадии 111б первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии 111а первичной грубой флотации, из которой первая стадия 210а перечистой грубой флотации получает верхний продукт 51а.

В одном варианте выполнения первичный верхний продукт 51б из по меньшей мере одной последующей стадии 111б первичной грубой флотации может быть направлен во вторую стадию 210б перечистой грубой флотации, причем указанная по меньшей мере одна последующая стадия 210б грубой флотации и вторая стадия 111б перечистой грубой флотации расположены последовательно и проточно сообщаются друг с другом.

Нижний продукт 42б из второй стадии 210б перечистой грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 51с из стадии 111с первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей стадии 111б первичной грубой флотации, из которой вторая стадия 210б перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт 51б. В качестве альтернативы, нижний продукт 42б из второй стадии 210б перечистой

грубой флотации может быть объединен с объединенными верхними продуктами 51с-51е из стадий 111с-111е первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей стадии 111b первичной грубой флотации, из которой вторая стадия 210b перечистой грубой флотации получает верхний продукт 51b. В качестве альтернативы, нижний продукт 42b из второй стадии 210b перечистой грубой флотации может быть объединен с верхним продуктом 53 из дополнительной стадии 300 перечистой грубой флотации, получающей первичный верхний продукт 51с из по меньшей мере одной стадии 111с первичной грубой флотации ниже по потоку от последующей стадии 111b первичной грубой флотации, из которой вторая стадия 210b перечистой грубой флотации получает верхний продукт 51b.

Дополнительная стадия 300 перечистой грубой флотации может получать первичный верхний продукт 51с из по меньшей мере одной последующей стадии 111с первичной грубой флотации, из которой первая или вторая стадии 210а, 210b перечистой грубой флотации не получают первичный верхний продукт 51с.

Первичный верхний продукт 51а из первой стадии 111а грубой флотации может быть направлен в первую стадию 210а перечистой грубой флотации, а первичный верхний продукт 51b-с из по меньшей мере двух последующих стадий 111b-с грубой флотации может быть направлен в дополнительную стадию 300 перечистой грубой флотации.

В одном варианте выполнения способа пульпа может быть подвергнута по меньшей мере трем стадиям первичной флотации или 3-10 стадиям первичной флотации или 4-7 стадиям первичной флотации.

В одном варианте выполнения способа первичный верхний продукт 51а-с из 1-3 стадий 111а-с грубой флотации или из 1-2 стадий 111а-с грубой флотации может быть направлен в стадию 210а перечистой грубой флотации.

Пенная флотация может использоваться по меньшей мере в одной стадии 111 первичной флотации и/или по меньшей мере в одной стадии 210, 300 перечистой грубой флотации.

Переливная флотация может использоваться в первой стадии 111а грубой флотации или в первой стадии 111а грубой флотации и во второй стадии 111b грубой флотации.

Варианты выполнения, описанные выше, могут использоваться в любой комбинации друг с другом. Некоторые из вариантов выполнения могут быть объединены вместе, чтобы сформировать дополнительный вариант выполнения. Устройство, способ, установка или применение, к которым относится изобретение, может содержать по

меньшей мере один из вариантов выполнения, описанных выше. Специалисту в данной области техники очевидно, что с развитием технологии основная идея изобретения может быть реализована различными способами. Изобретение и его варианты выполнения, таким образом, не ограничиваются примерами, описанными выше. Напротив, они могут варьироваться в рамках формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Флотационное устройство для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержащее флотационные камеры для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт, при этом разделение осуществляется с помощью флотационного газа, причем устройство содержит линию первичной флотации, содержащую:

- узел грубой флотации с по меньшей мере двумя камерами первичной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, причем верхний продукт из по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации может протекать непосредственно в камеру перечистной грубой флотации, расположенную в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации и с возможностью получения первичного верхнего продукта из камеры первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата;

- узел контрольной флотации с по меньшей мере 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 перечистной флотации узла контрольной флотации,

- причем следующая камера первичной флотации выполнена с возможностью получения первичного нижнего продукта из предыдущей камеры первичной флотации,

отличающееся тем, что нижний продукт из первой камеры перечистной грубой флотации может быть объединен

- с верхним продуктом из камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или

- с объединенными верхними продуктами из камер первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или

- с верхним продуктом из дополнительной камеры перечистной грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт.

2. Флотационное устройство по п.1, в котором первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации может протекать во вторую камеру перечистной грубой флотации, расположенную в проточном сообщении с указанной последующей камерой первичной грубой флотации и с возможностью получения первичного верхнего продукта из указанной последующей камеры первичной грубой флотации для извлечения второго концентрата.

3. Флотационное устройство по п.2, в котором нижний продукт из второй камеры перечистной грубой флотации может быть объединен:

- с верхним продуктом из камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или

- с объединенными верхними продуктами из камер первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт; или

- с верхним продуктом из дополнительной камеры перечистной грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта из одной или нескольких камер первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт.

4. Флотационное устройство по любому из пп.1-3, в котором дополнительная камера перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой первичный верхний продукт не может протекать в первую или во вторую камеру перечистной грубой флотации.

5. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из первой камеры первичной грубой флотации, а дополнительная камера перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере двух последующих камер первичной грубой флотации.

6. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором камеры перечистной грубой флотации расположены в непосредственном проточном сообщении с той камерой или камерами первичной грубой флотации, из которой или

которых они могут получать первичный верхний продукт.

7. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, 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.

8. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, 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.

9. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, 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.

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

11. Флотационное устройство по любому из пп.1-9, в котором камера перемешивания грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из не более чем двух камер первичной грубой флотации.

12. Флотационное устройство по п.11, в котором камера перемешивания грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из одной камеры первичной грубой флотации.

13. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором вторая камера перемешивания грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере двух камер первичной грубой флотации.

14. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера перемешивания грубой флотации имеет больший объем, чем вторая камера перемешивания грубой флотации.

15. Флотационное устройство по любому из пп.1-14, в котором вторая камера перемешивания грубой флотации имеет больший объем, чем первая камера перемешивания грубой флотации.

16. 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 м³, или по меньшей мере 2000 м³.

17. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором 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.

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

19. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера перечистной грубой флотации имеет объем от 100 до 2000 м³, предпочтительно от 400 до 1000 м³.

20. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором вторая камера перечистной грубой флотации имеет объем от 100 до 2000 м³, предпочтительно от 300 до 1000 м³.

21. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем первой камеры перечистной 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, из которой она может получать первичный верхний продукт.

22. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем второй камеры перечистной 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, из которой она может получать первичный верхний продукт.

23. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором поток пульпы между любыми двумя проточно соединенными флотационными камерами перемещается под действием силы тяжести.

24. Флотационное устройство по п.23, в котором поток пульпы между первой и второй камерами первичной грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

25. Флотационное устройство по п.23 или 24, в котором поток пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой перечистной грубой флотации, проточно соединенной с камерой первичной грубой флотации, перемещается под действием силы

тяжести.

26. Флотационное устройство по п.25, в котором поток пульпы между первой камерой первичной грубой флотации и первой камерой перечистной грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

27. Флотационное устройство по любому из пп.23-26, в котором поток пульпы между второй камерой первичной грубой флотации и второй камерой перечистной грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

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

29. Флотационное устройство по п.28, в котором объединенный первичный верхний продукт из флотационных камер контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию повторного измельчения.

30. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объединенные верхние продукты из камер перечистной грубой флотации могут протекать в стадию последующей обработки.

31. 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.

32. Флотационное устройство по п.30 или п.31, в котором стадия последующей обработки включает по меньшей мере одну стадию, выбранную из: стадии измельчения, стадии кондиционирования, стадии флотации.

33. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, содержащее две линии первичной флотации, при этом первая камера перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта из первых камер первичной грубой флотации в обеих линиях первичной флотации.

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

35. Флотационное устройство по п.34, в котором третья камера первичной грубой флотации и любая следующая камера первичной грубой флотации после третьей камеры первичной грубой флотации содержат камеру пенной флотации.

36. Флотационное устройство по п.34, в котором первая камера первичной грубой флотации и вторая камера первичной грубой флотации работают как переливные

флотационные камеры.

37. Флотационное устройство по любому из пп.34-36, в котором флотационный газ подается во флотационную камеру, в которой пульпа разделяется на верхний продукт и нижний продукт.

38. Флотационное устройство по любому из пп.34-37, в котором флотационная камера, в которую подается флотационный газ, содержит импеллер.

39. Флотационное устройство по любому из пп.34-37, в котором флотационный газ подается в подготовительную флотационную камеру, в которой установлен импеллер.

40. 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.

41. Применение флотационного устройства по любому из пп.1-40 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал.

42. Применение по п.41 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из низкосортной руды.

43. Применение по п.42 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из низкосортной руды.

44. Применение по п.43, в котором во флотационном устройстве 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.

45. Применение по п.43 или 44, в котором во флотационном устройстве 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.

46. Применение по любому из пп.41-45, в котором поток пульпы между камерами первичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

47. Применение по любому из пп.41-46, в котором поток пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой перечистой грубой флотации, проточно соединенной с камерой первичной грубой флотации, перемещается под действием силы тяжести.

48. Применение по п.47, в котором поток пульпы между первой камерой первичной грубой флотации и первой камерой перечистой грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

49. Применение по п.46 или 47, в котором поток пульпы между второй камерой первичной грубой флотации и второй камерой перечистой грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

50. Применение по п.41 или 42 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих железо, путем обратной флотации.

51. Флотационная установка, содержащая флотационное устройство по любому из пп.1-40.

52. Флотационная установка по п.51, содержащая по меньшей мере два или по меньшей мере три флотационных устройства по любому из пп.1-40.

53. Флотационная установка по п.51 или 52, содержащая по меньшей мере одно первое флотационное устройство для извлечения первого концентрата и по меньшей мере одно второе флотационное устройство для извлечения второго концентрата.

54. Флотационная установка по п.53, 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.

55. Флотационная установка по п.53 или 54, содержащая устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат отличается от первого концентрата.

56. Флотационная установка по п.55, в которой устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит стадию измельчения, расположенную между первым флотационным устройством и вторым флотационным устройством.

57. Флотационная установка по п.55 или 56, в которой устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит устройство для добавления флотореагентов, расположенное между первым флотационным устройством и вторым флотационным устройством.

58. Флотационная установка по любому из пп.51-57, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, и/или Zn, и/или пирит, и/или металл из сульфида, такого как золото.

59. Флотационная установка по любому из пп.51-58, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащей Cu, из низкосортной руды.

60. Флотационная установка по любому из пп.51-57, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения Fe путем обратной флотации.

61. 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,

- содержащий по меньшей мере две стадии грубой флотации, последовательно и проточно соединенные, причем первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии грубой флотации направляют в стадию перечистной грубой флотации для извлечения первого концентрата, причем указанная по меньшей мере одна стадия грубой флотации и стадия перечистной грубой флотации расположены последовательно и проточно сообщаются,

- содержащий по меньшей мере две стадии контрольной флотации, последовательно и проточно соединенные, причем первичный верхний продукт из стадий контрольной флотации направляют обратно к первым стадиям грубой флотации или в стадию повторного измельчения, а затем в стадию перечистной флотации;

- при этом первичный нижний продукт из предыдущей стадии первичной флотации направляют в следующую стадию первичной флотации,

отличающийся тем, что нижний продукт из первой стадии перечистной грубой флотации объединяют

- с верхним продуктом из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перечистной грубой флотации получает первичный верхний продукт; или

- с объединенными верхними продуктами из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перечистной грубой флотации получает верхний продукт; или

- с верхним продуктом из дополнительной стадии перечистной грубой флотации, получающей первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перечистной грубой флотации получает верхний продукт.

62. Способ по п.61, в котором первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей стадии первичной грубой флотации направляют во вторую стадию перечистной грубой флотации, причем указанная по меньшей мере одна последующая стадия грубой флотации и вторая стадия перечистной грубой флотации расположены последовательно и в проточном сообщении.

63. Способ по п.62, в котором нижний продукт из второй стадии перечистой грубой флотации объединяют:

- с верхним продуктом из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт; или

- объединенными верхними продуктами из стадий первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистой грубой флотации получает верхний продукт; или

- верхним продуктом из дополнительной стадии перечистой грубой флотации, получающей первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистой грубой флотации получает верхний продукт.

64. Флотационное устройство по любому из пп.61-63, в котором дополнительная стадия перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой первая или вторая стадия перечистой грубой флотации не получает первичный верхний продукт.

65. Способ по любому из пп.61-64, в котором первичный верхний продукт из первой стадии грубой флотации направляют в первую стадию перечистой грубой флотации, а первичный верхний продукт из по меньшей мере двух последующих стадий грубой флотации направляют в дополнительную стадию перечистой грубой флотации.

66. Способ по любому из пп.61-65, в котором пульпу подвергают по меньшей мере трем стадиям грубой флотации или от 3 до 10 стадий грубой флотации или от 4 до 7 стадий грубой флотации.

67. Способ по любому из пп.61-66, в котором первичный верхний продукт из 1-3 стадий грубой флотации или из 1-2 стадий грубой флотации направляют в стадию перечистой грубой флотации.

68. Способ по любому из пп.61-67, в котором на по меньшей мере одной стадии первичной флотации и/или на по меньшей мере одной стадии перечистой грубой флотации используют пенную флотацию.

69. Способ по п.67 или п.68, в котором на первой стадии грубой флотации или на первой стадии грубой флотации и на второй стадии грубой флотации используют переливную флотацию.

ИЗМЕНЕННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

(измененная на международной стадии по статье 34 РСТ)

1. Флотационное устройство для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержащее флотационные камеры для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт, при этом разделение осуществляется с помощью флотационного газа, причем устройство содержит линию первичной флотации, содержащую:

- узел грубой флотации с по меньшей мере двумя флотационными камерами, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, причем верхний продукт из по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации может протекать непосредственно в камеру перемешивающей грубой флотации, расположенную в проточном сообщении с камерой первичной грубой флотации и с возможностью получения первичного верхнего продукта из камеры первичной грубой флотации для извлечения первого концентрата,

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

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

отличающееся тем, что нижний продукт из первой камеры перемешивающей грубой флотации может быть объединен:

- с верхним продуктом из камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перемешивающей грубой

флотации может получать первичный верхний продукт, или

- с объединенными верхними продуктами из камер первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт, или

- с верхним продуктом из дополнительной камеры перечистной грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере одной камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от камеры первичной грубой флотации, из которой первая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт,

причем объединенный поток из нижнего продукта из первой камеры перечистной грубой флотации и верхнего продукта или объединенных верхних продуктов может протекать по линии первичной флотации в направлении, совпадающем с направлением потока пульпы.

2. Флотационное устройство по п.1, в котором первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации может протекать во вторую камеру перечистной грубой флотации, расположенную в проточном сообщении с указанной последующей камерой первичной грубой флотации и с возможностью получения первичного верхнего продукта из указанной последующей камеры первичной грубой флотации для извлечения второго концентрата.

3. Флотационное устройство по п.2, в котором нижний продукт из второй камеры перечистной грубой флотации может быть объединен:

- с верхним продуктом из камеры первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт, или

- с объединенными верхними продуктами из камер первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт, или

- с верхним продуктом из дополнительной камеры перечистной грубой флотации, выполненной с возможностью получения первичного верхнего продукта из одной или нескольких камер первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой вторая камера перечистной грубой флотации может получать первичный верхний продукт.

4. Флотационное устройство по любому из пп.1-3, в котором дополнительная камера перечистой грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере одной последующей камеры первичной грубой флотации, из которой первичный верхний продукт не может протекать в первую или во вторую камеру перечистой грубой флотации.

5. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера перечистой грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из первой камеры первичной грубой флотации, а дополнительная камера перечистой грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере двух последующих камер первичной грубой флотации.

6. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором камеры перечистой грубой флотации расположены в непосредственном проточном сообщении с той камерой или камерами первичной грубой флотации, из которой или которых они могут получать первичный верхний продукт.

7. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, 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.

8. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, 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.

9. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, 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.

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

11. Флотационное устройство по любому из пп.1-9, в котором камера перечистой грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из не более чем двух камер первичной грубой флотации.

12. Флотационное устройство по п.11, в котором камера перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из одной камеры первичной грубой флотации.

13. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором вторая камера перечистной грубой флотации выполнена с возможностью получения первичного верхнего продукта из по меньшей мере двух камер первичной грубой флотации.

14. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера перечистной грубой флотации имеет больший объем, чем вторая камера перечистной грубой флотации.

15. Флотационное устройство по любому из пп.1-14, в котором вторая камера перечистной грубой флотации имеет больший объем, чем первая камера перечистной грубой флотации.

16. 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 .

17. 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 .

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

19. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором первая камера перечистной грубой флотации имеет объем от 100 до 2000 м^3 , предпочтительно от 400 до 1000 м^3 .

20. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором вторая камера перечистной грубой флотации имеет объем от 100 до 2000 м^3 , предпочтительно от 300 до 1000 м^3 .

21. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем первой камеры перечистной 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

мере одной камеры первичной грубой флотации, из которой она может получать первичный верхний продукт.

22. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объем второй камеры перемешивающей 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, из которой она может получать первичный верхний продукт.

23. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором поток пульпы между любыми двумя проточно соединенными флотационными камерами перемещается под действием силы тяжести.

24. Флотационное устройство по п.23, в котором поток пульпы между первой и второй камерами первичной грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

25. Флотационное устройство по п.23 или 24, в котором поток пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой перемешивающей грубой флотации, проточно соединенной с камерой первичной грубой флотации, перемещается под действием силы тяжести.

26. Флотационное устройство по п.25, в котором поток пульпы между первой камерой первичной грубой флотации и первой камерой перемешивающей грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

27. Флотационное устройство по любому из пп.23-26, в котором поток пульпы между второй камерой первичной грубой флотации и второй камерой перемешивающей грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

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

29. Флотационное устройство по п.28, в котором объединенный первичный верхний продукт из флотационных камер контрольной флотации может протекать непосредственно в стадию повторного измельчения.

30. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором объединенные верхние продукты из камер перемешивающей грубой флотации могут протекать в стадию последующей обработки.

31. 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.

32. Флотационное устройство по п.30 или п.31, в котором стадия последующей обработки включает по меньшей мере одну стадию, выбранную из: стадии измельчения, стадии кондиционирования, стадии флотации.

33. Флотационное устройство по любому из предшествующих пунктов, содержащее две линии первичной флотации, при этом первая камера перемешивания грубой флотации выполнена с возможностью получения верхнего продукта из первых камер первичной грубой флотации в обеих линиях первичной флотации.

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

35. Флотационное устройство по п.34, в котором третья камера первичной грубой флотации и любая следующая камера первичной грубой флотации после третьей камеры первичной грубой флотации содержат камеру пенной флотации.

36. Флотационное устройство по п.34, в котором первая камера первичной грубой флотации и вторая камера первичной грубой флотации работают как переливные флотационные камеры.

37. Флотационное устройство по любому из пп.34-36, в котором флотационный газ подается во флотационную камеру, в которой пульпа разделяется на верхний продукт и нижний продукт.

38. Флотационное устройство по любому из пп.34-37, в котором флотационная камера, в которую подается флотационный газ, содержит импеллер.

39. Флотационное устройство по любому из пп.34-37, в котором флотационный газ подается в подготовительную флотационную камеру, в которой установлен импеллер.

40. 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.

41. Применение флотационного устройства по любому из пп.1-40 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал.

42. Применение по п.41 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из низкосортной руды.

43. Применение по п.42 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu,

из низкосортной руды.

44. Применение по п.43, в котором во флотационном устройстве 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.

45. Применение по п.43 или 44, в котором во флотационном устройстве 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.

46. Применение по любому из пп.41-45, в котором поток пульпы между камерами первичной флотации перемещается под действием силы тяжести.

47. Применение по любому из пп.41-46, в котором поток пульпы между камерой первичной грубой флотации и камерой перечистой грубой флотации, проточно соединенной с камерой первичной грубой флотации, перемещается под действием силы тяжести.

48. Применение по п.47, в котором поток пульпы между первой камерой первичной грубой флотации и первой камерой перечистой грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

49. Применение по п.46 или 47, в котором поток пульпы между второй камерой первичной грубой флотации и второй камерой перечистой грубой флотации перемещается под действием силы тяжести.

50. Применение по п.41 или 42 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих железо, путем обратной флотации.

51. Флотационная установка, содержащая флотационное устройство по любому из пп.1-40.

52. Флотационная установка по п.51, содержащая по меньшей мере два или по меньшей мере три флотационных устройства по любому из пп.1-40.

53. Флотационная установка по п.51 или 52, содержащая по меньшей мере одно первое флотационное устройство для извлечения первого концентрата и по меньшей мере одно второе флотационное устройство для извлечения второго концентрата.

54. Флотационная установка по п.53, 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.

55. Флотационная установка по п.53 или 54, содержащая устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат отличается от первого концентрата.

56. Флотационная установка по п.55, в которой устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит стадию измельчения, расположенную между первым флотационным устройством и вторым флотационным устройством.

57. Флотационная установка по п.55 или 56, в которой устройство для последующей обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит устройство для добавления флотореагентов, расположенное между первым флотационным устройством и вторым флотационным устройством.

58. Флотационная установка по любому из пп.51-57, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, и/или Zn, и/или пирит, и/или металл из сульфида, такого как золото.

59. Флотационная установка по любому из пп.51-58, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащей Cu, из низкосортной руды.

60. Флотационная установка по любому из пп.51-57, в которой флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения Fe путем обратной флотации.

61. 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,

- содержащий по меньшей мере две стадии грубой флотации, последовательно и проточно соединенные, причем первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии грубой флотации направляют в стадию перечистной грубой флотации для извлечения первого концентрата, причем указанная по меньшей мере одна стадия грубой флотации и стадия перечистной грубой флотации расположены последовательно и проточно сообщаются,

- содержащий по меньшей мере две стадии контрольной флотации, последовательно и проточно соединенные, причем первичный верхний продукт из стадий контрольной флотации направляют в стадию повторного измельчения, а затем в стадию

перечистой флотации,

- при этом первичный нижний продукт из предыдущей стадии первичной флотации направляют в следующую стадию первичной флотации, так что последующая камера первичной грубой флотации может получать первичный нижний продукт из предыдущей камеры первичной грубой флотации, при этом первая камера первичной контрольной флотации может получать первичный нижний продукт из последней камеры первичной грубой флотации, а последующая камера первичной контрольной флотации может получать первичный нижний продукт из предыдущей камеры первичной контрольной флотации, причем нижний продукт из камер первичной флотации направляют вниз по потоку по линии первичной флотации,

отличающийся тем, что нижний продукт из первой стадии перечистой грубой флотации объединяют

- с верхним продуктом из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перечистой грубой флотации получает первичный верхний продукт, или

- с объединенными верхними продуктами из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перечистой грубой флотации получает верхний продукт, или

- с верхним продуктом из дополнительной стадии перечистой грубой флотации, получающей первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от той стадии первичной грубой флотации, из которой первая стадия перечистой грубой флотации получает верхний продукт,

причем объединенный поток из нижнего продукта из первой камеры перечистой грубой флотации и верхнего продукта или объединенных верхних продуктов может протекать по линии первичной флотации в направлении, совпадающем с направлением потока пульпы.

62. Способ по п.61, в котором первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей стадии первичной грубой флотации направляют во вторую стадию перечистой грубой флотации, причем указанная по меньшей мере одна последующая стадия грубой флотации и вторая стадия перечистой грубой флотации расположены последовательно и в проточном сообщении.

63. Способ по п.62, в котором нижний продукт из второй стадии перечистой грубой флотации объединяют:

- с верхним продуктом из стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистной грубой флотации получает первичный верхний продукт, или

- объединенными верхними продуктами из стадий первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистной грубой флотации получает верхний продукт, или

- верхним продуктом из дополнительной стадии перечистной грубой флотации, получающей первичный верхний продукт из по меньшей мере одной стадии первичной грубой флотации ниже по потоку от указанной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой вторая стадия перечистной грубой флотации получает верхний продукт.

64. Способ по любому из пп.61-63, в котором дополнительная стадия перечистной грубой флотации получает первичный верхний продукт из по меньшей мере одной последующей стадии первичной грубой флотации, из которой первая или вторая стадия перечистной грубой флотации не получает первичный верхний продукт.

65. Способ по любому из пп.61-64, в котором первичный верхний продукт из первой стадии грубой флотации направляют в первую стадию перечистной грубой флотации, а первичный верхний продукт из по меньшей мере двух последующих стадий грубой флотации направляют в дополнительную стадию перечистной грубой флотации.

66. Способ по любому из пп.61-65, в котором пульпу подвергают по меньшей мере трем стадиям грубой флотации или от 3 до 10 стадий грубой флотации или от 4 до 7 стадий грубой флотации.

67. Способ по любому из пп.61-66, в котором первичный верхний продукт из 1-3 стадий грубой флотации или из 1-2 стадий грубой флотации направляют в стадию перечистной грубой флотации.

68. Способ по любому из пп.61-67, в котором на по меньшей мере одной стадии первичной флотации и/или на по меньшей мере одной стадии перечистной грубой флотации используют пенную флотацию.

69. Способ по п.67 или п.68, в котором на первой стадии грубой флотации или на первой стадии грубой флотации и на второй стадии грубой флотации используют переливную флотацию.