

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202191491** (13) **A1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
2021.09.17

(22) Дата подачи заявки  
2018.12.18

(51) Int. Cl. *B03D 1/02* (2006.01)  
*B03D 1/14* (2006.01)  
*B03B 7/00* (2006.01)  
*C02F 1/24* (2006.01)  
*C22B 3/20* (2006.01)  
*C22B 11/00* (2006.01)  
*C22B 26/12* (2006.01)  
*B03D 103/02* (2006.01)  
*C02F 103/16* (2006.01)

**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ**

(86) PCT/FI2018/050943

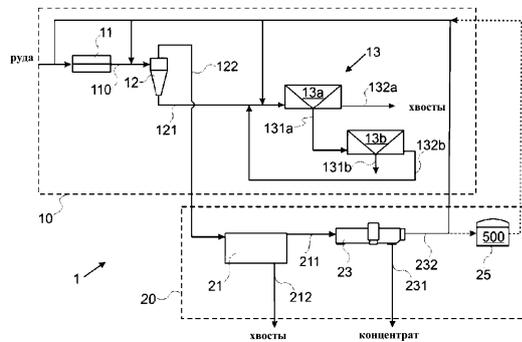
(87) WO 2020/128137 2020.06.25

(71) Заявитель:  
**МЕТСО ОТОТЕК ФИНЛАНД ОЙ  
(FI)**

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

(72) Изобретатель:  
**Янссон Кай (FI)**

(57) Предложен способ очистки технологической воды флотационной установки (1). Флотационная установка (1) включает линию (10) флотации минералов и контур (20) технологической воды для обработки нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации. Контур технологической воды включает гравитационный сепаратор (21) твердых веществ и жидкости для обезвоживания нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов для отделения осадка (212) от надосадочной жидкости (211), содержащей, по меньшей мере, воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал, и резервуар (25) для возвратной воды для сбора технологической воды (500). Согласно способу перед подачей надосадочной жидкости (211) из гравитационного сепаратора (21) твердых веществ и жидкости в резервуар (25) для возвратной воды надосадочную жидкость подвергают перечистной флотации, при которой по меньшей мере 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, в установке (23) перечистной флотации. Также предложено устройство для очистки технологической воды флотационной установки и его применение.



**A1**

**202191491**

**202191491**

**A1**

## **Способ и устройство для очистки технологической воды**

### Область техники

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для очистки технологической воды флотационной установки и к применению устройства.

### Уровень техники

Качество минеральных руд снижается, так как лучшие месторождения все чаще уже используют или использовали. Следовательно, добытые руды могут содержать значительно менее ценный материал. Для ведения прибыльной деятельности необходимо извлечь из месторождений все ценные металлы или другие ценные материалы.

Когда ценные минералы откладываются в более мелкие карманы внутри материнской породы, возникает необходимость измельчать руду до более мелких частиц, обычно до среднего размера частиц менее 300 мкм, а в случае использования контура доизмельчения, даже менее 100 мкм, чтобы высвободить ценный материал из менее ценной или бесполезной матрицы перед обработкой частиц, содержащих ценный материал, в процессе концентрирования, таком как флотация во флотационной установке. Когда руды измельчают до более мелких частиц, естественно, увеличивается количество мелких частиц, то есть частиц, имеющих средний размер менее 10 мкм. Мелкие частицы нарушают основной процесс флотации, например, из-за чрезмерного потребления флотационных химикатов. Обычные процессы флотации диспергированным воздухом, пневматической флотации или колонной флотации не очень эффективны для извлечения мелких и легких частиц из-за размера пузырьков флотационного газа в этих процессах флотации. Например, при пенной флотации используют диапазон размеров пузырьков от 600 до 2500 мкм, выбранный для создания достаточной плавучести для относительно больших и крупных частиц руды, имеющих размер более 100 мкм.

Удаление нежелательных мелких частиц происходит путем обесшламливания основного потока руды в контуре классификации, отбракованная фракция которого обычно подвергается гравитационному разделению твердых веществ и жидкости в сгустителе шлама. Однако мелкодисперсная фракция может содержать значительное количество ценного материала, который теряется, если отбракованные потоки или потоки нежелательного материала просто сбрасывают в хвосты. В некоторых случаях количество

ценного материала в мелкодисперсной фракции может составлять от 10 до 30%, и поэтому было бы очень важно извлечь и этот материал, чтобы повысить рентабельность операции обогащения.

Как правило, пустую породу, хвосты или отходы, содержащие нежелательный или бесполезный материал, удаляемый в процессе флотации, направляют в запруду хвостохранилища, где ожидается, что в течение длительного времени, обычно 20-40 дней, осаждаются и отделяются твердые частицы, а также разлагаются остатки флотационных химических веществ из собранной и повторно используемой технологической воды. Собранную технологическую воду затем возвращают обратно в процесс обогащения.

Перед подачей вышеуказанных фракций в запруду хвостохранилища потоки материалов могут быть обезвожены в различных типах гравитационных сепараторов твердых веществ и жидкости, таких как сгустители, из которых верхний продукт или надосадочную жидкость рециркулируют в основной процесс флотации. Из контура классификации нежелательная фракция материала может быть подвергнута обезвоживанию в сгустителе шлама, а фракция, предназначенная для последующей стадии или стадий флотации, может быть подвергнута обезвоживанию и/или кондиционированию во флотационном сгустителе. Верхний продукт воды или надосадочную жидкость из них также собирают, хранят в резервуарах для возвратной воды и рециркулируют обратно в процесс флотации для использования в различных областях применения, например, в качестве разбавляющей воды для измельчения или кондиционирования.

В зависимости от типа руды, обрабатываемой на флотационной установке, верхние продукты воды или надосадочная жидкость или технологическая вода из этих источников могут содержать значительное количество ценного материала в форме мелких частиц. Кроме того, вода может содержать остаточные флотационные химические вещества, другие мелкие частицы, такие как силикатсодержащие частицы, коллоидные и растворимые соединения и микробы и/или соединения, способствующие микробиологическому росту. В общем, этот вид рециркулируемой технологической воды, собранной из различных точек флотационной установки, не идеален для рециркуляции обратно в процесс флотации, но, что более важно, она может содержать значительное количество ценного материала в виде мелких частиц, уносимых из основных операций линии флотации.

На сегодняшний день нехватка воды, экологические требования, предъявляемые законодательством и общественным давлением, затраты и обширные требования к пространству для вышеуказанных традиционных способов обработки хвостов для очистки

технологической воды, все больше вынуждают рециркулировать технологическую воду, поскольку основные процессы флотации становятся, по меньшей мере частично, замкнутыми системами в показателях водопользования. Могут потребоваться альтернативные способы обработки хвостовых потоков, которые позволяют использовать водные системы с хотя бы частично замкнутым циклом.

Обычный способ обработки хвостов с типичным временем выдержки 20-40 дней может привести к приемлемому качеству воды, позволяя повторно использовать очищенную технологическую воду в основном процессе флотации и на других стадиях процесса. Переход на другие способы обработки хвостов, такие как сгущение хвостов, пастирование, сухое складирование или их гибриды, приведет к гораздо более короткому времени осаждения из-за новых загустителей, необходимых на этих стадиях процесса. Более короткое время осаждения, около 3-8 часов или даже меньше в тех случаях, когда осаждение используют в качестве стадии промывки для отделения фракции крупных частиц (твердые вещества) от фракции мелких частиц (жидкость), приводит к большему количеству мелких частиц, остаточных химических веществ и других вредных или неблагоприятных веществ, попадающих в верхний продукт сгустителя, а затем в повторно используемую или рециркулируемую технологическую воду. Помимо того, что они содержат значительную долю мелких частиц с ценным материалом, эти примеси в рециркулируемой технологической воде могут отрицательно повлиять на основной процесс флотации и качество конечного продукта, если с ними не обращаться должным образом до рециркуляции технологической воды обратно в основной процесс. В общем, закрытые водные системы приводят к проблемам в работоспособности процесса флотации и увеличивают помехи, что затрудняет управление процессом флотации.

Увеличение количества мелкодисперсного материала в верхнем продукте сгустителя может увеличить дозировку флотационного химического вещества или снизить степень извлечения и качество требуемого ценного материала. Загрузка мелочи также может быть увеличена необходимостью дальнейшего измельчения рудного материала низкого качества путем измельчения до меньшего размера частиц, чтобы руда имела форму, позволяющую извлекать ценный материал. Нарастивание количества мелких частиц, а также примесей, таких как микробы и органические вещества, отрицательно влияет на последующее обезвоживание. Мелкодисперсный материал, особенно силикатного происхождения, нарушает способность химических веществ - коллекторов функционировать должным образом, поскольку мелкодисперсные частицы, содержащие диоксид кремния, могут иметь противоположные поверхностные потенциалы и, таким образом, могут прикрепляться к минеральным поверхностям и вызывать

стерический эффект, который препятствует прикреплению коллекторов к частицам, или стерический слой такой толщины, что длина молекулы-коллектора недостаточна для того, чтобы сделать частицы руды гидрофобными, при этом кажущаяся поверхностная энергия остается неизменной, и прикрепление к пузырькам флотационного газа не может произойти. Кроме того, мелкие частицы, содержащие только нежелательные материалы, труднее утилизировать в отходах/хвостах. Селективность реагентов снижается с увеличением количества мелочи. Мелкие частицы в форме соединений, таких как коллоидные гидроксиды и карбонаты, присутствующие в контуре флотации, могут объединяться и создавать большие площади поверхности, которые вступают в реакцию с флотационными химическими веществами и расходуют их.

Переход на другие способы обработки хвостов, такие как сгущение хвостов, пастирование, сухое складирование или их гибриды, приведет к гораздо более короткому времени осаждения из-за новых загустителей, необходимых на этих стадиях процесса. Это приводит к гораздо более короткому времени осаждения, 3-8 часов, что приводит к большему количеству мелких частиц, остаточных химических веществ и других вредных или неблагоприятных веществ, попадающих в верхний продукт сгустителя, а затем в рециркулируемую технологическую воду. Химические вещества и другие соединения накапливаются в замкнутом водяном контуре, поскольку эти вещества не могут быть эффективно удалены стандартными операциями по обезвоживанию. Таким образом, например, верхний продукт сгустителя будет содержать трудно осаждаемый материал и остаточные химические вещества, которые будут отрицательно влиять на основной процесс флотации. Их необходимо удалять из верхнего продукта, если технологическая вода предназначена для рециркуляции, не вызывая проблем в основных процессах из-за остаточных флотационных химических веществ и т.д., уносимых при обезвоживании. Мелочь может представлять проблему особенно потому, что такая система не позволяет эффективно уменьшать количество мелочи из-за относительно короткого времени пребывания. Также проблемы могут вызывать микробиологические загрязнители.

#### Краткое описание изобретения

Способ по настоящему изобретению отличается признаками, представленными в пункте 1 формулы изобретения.

Устройство по настоящему изобретению отличается признаками, представленными в пункте 23 формулы изобретения.

Применение устройства по настоящему изобретению отличается признаками, представленными в пункте 33 формулы изобретения.

Предложен способ очистки технологической воды флотационной установки для извлечения ценного материала. Флотационная установка включает линию флотации минералов, содержащую мельницу; контур классификации для сортировки подачи измельченной руды из мельницы на верхний продукт классификатора и нижний продукт классификатора, и контур флотации минералов для обработки верхнего продукта классификатора в качестве загрузки частиц руды, содержащих ценный материал, взвешенных в шламе, причем контур флотации включает более грубую часть для разделения поступающего шлама на более грубый верхний продукт извлеченного ценного материала и более грубый нижний продукт отходов, а также более чистую часть, предназначенную для приема более грубого верхнего продукта из более грубой части в качестве загрузки шлама для разделения шлама на более чистый верхний продукт извлеченного ценного материала и более чистый нижний продукт, предназначенный для обратного перетока в более грубую часть в качестве загрузки шлама. Флотационная установка дополнительно содержит контур технологической воды для обработки нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов, причем контур технологической воды включает гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости для обезвоживания нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов для отделения осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал, и резервуар для возвратной воды для сбора технологической воды, содержащей верхний продукт и/или нижний продукт из линии флотации минералов. Способ отличается тем, что перед подачей надосадочной жидкости из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости в резервуар для возвратной воды надосадочную жидкость подвергают перечистой флотации, при которой по меньшей мере 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, в установке перечистой флотации для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал, для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала и для образования очищенной технологической воды в виде нижнего продукта перечистой флотации, и тем, что очищенную технологическую воду рециркулируют в линию флотации минералов или собирают в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В другом аспекте изобретения предложено устройство для очистки технологической воды флотационной установки для извлечения ценного материала. Флотационная установка включает линию флотации минералов, содержащую мельницу;

контур классификации для сортировки подачи измельченной руды из мельницы на верхний продукт классификатора и нижний продукт классификатора и контур флотации минералов для обработки частиц руды, содержащих ценный материал и взвешенных в шламе, причем контур флотации включает более грубую часть для разделения поступающего шлама на более грубый верхний продукт извлеченного ценного материала и более грубый нижний продукт отходов, а также более чистую часть, предназначенную для приема более грубого верхнего продукта из более грубой части в качестве загрузки шлама для разделения шлама на более чистый верхний продукт извлеченного ценного материала и более чистый нижний продукт, предназначенный для обратного перетока в более грубую часть в качестве загрузки шлама. Флотационная установка также содержит контур технологической воды для обработки нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов, причем контур обработки технологической воды включает гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов для отделения осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал, и резервуар для возвратной воды для сбора технологической воды, содержащей верхний продукт и/или нижний продукт из линии флотации минералов. Устройство отличается тем, что контур обработки воды дополнительно включает установку перечистой флотации, в которой используют пузырьки флотационного газа, по меньшей мере 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с гравитационным сепаратором твердых веществ и жидкости для приема надосадочной жидкости перед ее направлением в резервуар для возвратной воды, и предназначенную для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал, отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала, и для образования очищенной технологической воды в виде нижнего продукта перечистой флотации, предназначенной для рециркуляции в линию флотации минералов или сбора в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В еще одном аспекте изобретения раскрыто использование устройства для очистки технологической воды флотационной установки для извлечения ценного материала, где устройство используют для извлечения ценного материала из руды, имеющей плотность менее  $4 \text{ г/см}^3$ , предпочтительно от  $2,4$  до  $3,2 \text{ г/см}^3$ .

С помощью изобретения можно смягчить вышеупомянутые проблемы рециркуляции воды и недостатки, связанные с традиционными решениями. Верхний

продукт или надосадочную жидкость из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости подвергают перечистой флотации в установке перечистой флотации, так что мелкие частицы, особенно те, которые содержат ценный материал, можно 1) подвергать флотации и собирать в верхнем продукте перечистой флотации - химические вещества-коллекторы, уносимые из основных процессов флотации, могут действовать как коллекторы для мелких частиц, или можно использовать дополнительные химические вещества для дальнейшего повышения эффективности сбора, 2) отделять от очищенной таким образом технологической воды на стадии перечистой флотации и 3) отбирать для дальнейшей обработки в качестве концентрата, тем самым увеличивая общий коэффициент извлечения флотационной установки. В некоторых случаях, например, верхний продукт или надосадочная жидкость сгустителя для удаления шлама может содержать до 40% ценного материала, который был бы потерян, если бы его не собрали на стадии или в установке перечистой флотации.

В частности, в отношении легко измельчаемых руд, то есть руд или минералов с относительно низкой плотностью, таких как сподумен (силикат лития и алюминия,  $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ ) или минералы МПГ (минералы платиновой группы), значительное количество мелочи образуется в контуре измельчения и далее в контуре доизмельчения. Как правило, эти мелкие частицы удаляются из измельченного материала, связанного с флотацией, в контуре классификатора, особенно в циклонах, где измельченный материал сортируют на принимаемый продукт или верхний продукт, предназначенный для процесса флотации, и отбраковку или нижний поток слишком мелких частиц. Для удаления мелких частиц из нижнего потока классификатора используют сгуститель для удаления шлама, чтобы получить технологическую воду, не содержащую мелочи, для дальнейшего использования.

Как обсуждалось выше, фракция мелких частиц может содержать значительное количество ценного материала, например лития или платины. Путем извлечения этой мелкой фракции материала вместо того, чтобы в конечном итоге потерять мелкие частицы и ценный материал, который они содержат, в дамбе хвостохранилища или рециркулировать их обратно в основную линию флотации, где они снова, скорее всего, окажутся в нижнем продукте, и, кроме того, могут нарушить процесс флотации, общее извлечение ценного материала может быть увеличено с помощью изобретения.

Кроме того, полученную очищенную технологическую воду можно легко возвращать в основной процесс флотации. Поскольку очищенная технологическая вода содержит значительно меньше остаточных флотационных химических веществ и мелких

частиц, она может не оказывать отрицательного воздействия на основной процесс флотации.

Поскольку верхний продукт из минерального или основного процесса флотации относительно короткое время находится в гравитационном сепараторе твердых веществ и жидкости, химические вещества флотации, коллекторы, уносимые из основного процесса флотации, не разлагаются, как это произошло бы в обычной запруде хвостохранилища со временем. Эти химические вещества - коллекторы затем можно использовать на стадии перемешивания флотации в качестве коллекторов, что делает возможным всплывание и сбор желаемого материала, то есть сбор мелких частиц, в результате чего получают очищенную технологическую воду. В то же время эти остаточные флотационные химические вещества расходуются и не возвращаются обратно в основной процесс флотации минералов, когда очищенная технологическая вода возвращается обратно. Таким образом, на основной процесс флотации такие нежелательные флотационные химические вещества не влияют, что упрощает управление процессом флотации минералов.

В процессе перемешивания флотации также могут быть удалены другие коллоидные материалы, такие как С, Р, N, присутствующие в очень мелких частицах, а также любые подавители флотации на основе крахмала, присутствующие в технологической воде, тем самым удаляют питательные вещества, которые будут способствовать микробиологическому росту в очищенной технологической воде. Это может улучшить результат любых последующих стадий очистки воды, таких как фильтрация. Например, удаление такого материала может предотвратить засорение отверстий керамических фильтров.

Поскольку шлам или верхний продукт гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости содержит только мелкие частицы (более крупные частицы попадают в осадок), перемешивание флотацию можно энергетически эффективно использовать на стадии, где она наиболее эффективна, то есть для удаления мелких частиц.

В одном воплощении способа контур технологической воды включает первый гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости для обезвоживания нижнего продукта классификатора для отделения первого осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; первый осадок предназначен для протекания в контур фильтрации для извлечения ценного материала, а надосадочную жидкость собирают в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В другом воплощении, перед тем как направить надосадочную жидкость из первого гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости в резервуар для возвратной воды, надосадочную жидкость подвергают перечистой флотации, при которой по меньшей мере 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, в первой установке перечистой флотации для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала, и для получения очищенной технологической воды в виде нижнего продукта перечистой флотации, и очищенную технологическую воду рециркулируют в линию флотации минералов или собирают в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении контур технологической воды включает второй гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости для обезвоживания верхнего продукта классификатора для отделения второго осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; второй осадок направляют в контур флотации минералов в качестве поступающего шлама, и надосадочную жидкость собирают в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении контур технологической воды включает третий гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости для обезвоживания более чистого верхнего продукта из контура флотации для отделения третьего осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочную жидкость собирают в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении контур технологической воды включает четвертый гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости для обезвоживания более грубого нижнего продукта из контура флотации для отделения четвертого осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочную жидкость собирают в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении перед рециркуляцией собранной технологической воды из резервуара для возвратной воды в линию флотации минералов собранную технологическую воду подвергают перечистой флотации, при которой не менее 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, во второй установке перечистой флотации для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц,

содержащих ценный материал, для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от собранной технологической воды в верхний продукт перерывной флотации в качестве извлеченного ценного материала и для образования очищенной технологической воды в качестве нижнего продукта перерывной флотации, и очищенную технологическую воду рециркулируют в линию флотации минералов.

В зависимости от конфигурации линии флотации, контур технологической воды может включать ряд гравитационных сепараторов твердых веществ и жидкости, выполненных для обработки верхнего продукта и/или нижнего продукта из ряда источников в линии флотации. Надосадочную жидкость или надосадочные жидкости от них затем можно обрабатывать посредством перерывной флотации, если это необходимо, для извлечения мелких частиц, содержащих ценный материал, с целью повышения общей степени извлечения ценного материала из флотационной установки. В одном конкретном воплощении нижний продукт из контура классификации направляют через гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости на стадию перерывной флотации, чтобы гарантировать извлечение мелких частиц, содержащих ценный материал, из контура классификации, который часто может содержать значительное количество таких мелких частиц.

В одном воплощении перед направлением верхнего продукта и/или нижнего продукта из линии флотации минералов в гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости концентрацию верхнего продукта и/или нижнего продукта устанавливают от 0,5 до 15 масс. %.

В другом воплощении турбулентный поток верхнего продукта и/или нижнего продукта из линии флотации минералов регулируют с получением ламинарного потока, когда его направляют в гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости.

В одном воплощении по меньшей мере 40% мелких частиц, содержащих ценный материал, не извлеченных на линии флотации минералов, извлекают из надосадочной жидкости гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости.

В одном воплощении время пребывания верхнего продукта и/или нижнего продукта из линии флотации минералов в гравитационном сепараторе твердых веществ и жидкости составляет менее 10 часов, предпочтительно от 0,5 до 8 часов.

Относительно короткое время пребывания означает, что химические вещества флотации, в частности химические вещества - коллекторы, не разлагаются, а уносятся с надосадочной жидкостью, и их можно использовать на последующей стадии перерывной флотации. В то же время мелкие частицы не успевают опуститься в осадок, что могло бы произойти со временем в гравитационных сепараторах твердых веществ и жидкости с

относительно низкой турбулентностью. Регулируя поток нижнего продукта и/или верхнего продукта из линии флотации для воспроизведения ламинарного режима потока, можно улучшить отделение или отмывку мелких частиц от частиц, опускающихся в осадок. Благодаря достижению требуемого содержания твердых веществ в осадке количество твердых хвостов, подлежащих обработке, может быть уменьшено.

В одном воплощении перед тем, как направить надосадочную жидкость из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости на перечистную флотацию, надосадочную жидкость направляют в резервуар для верхнего продукта сепаратора.

Резервуар для верхнего продукта сепаратора можно использовать для управления потоком надосадочной жидкости в установку перечистой флотации или в смесительный блок, если таковой используют. Это может помочь в стабилизации процесса очистки технологической воды в целом, так как поток надосадочной жидкости на последующие технологические стадии регулируют.

В одном воплощении перед подачей надосадочной жидкости из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости на перечистную флотацию надосадочную жидкость направляют в смесительный блок для химического кондиционирования надосадочной жидкости путем добавления коагулянта и/или флокулянта для флокуляции по меньшей мере мелких частиц, содержащих ценный материал в надосадочной жидкости.

В другом воплощении коагулянт выбирают из группы, включающей неорганический коллектор, соли алюминия, соли железа, органические коагулянты.

В еще одном воплощении коагулянт добавляют в надосадочную жидкость в количестве от 1 до 2000 частей на миллион.

В одном воплощении флокулянт выбирают из группы, включающей природные полимеры, синтетические флокулянты.

В другом воплощении флокулянт добавляют в надосадочную жидкость в количестве от 1 до 100 частей на миллион.

Хотя обычно в надосадочной жидкости присутствует достаточное количество флотационных химических веществ (химических веществ - коллекторов) в качестве уносимых из основного процесса флотации, в некоторых случаях может потребоваться кондиционирование надосадочной жидкости перед обработкой перечистой флотацией, чтобы убедиться, что достаточное количество мелких частиц, содержащих ценный материал, можно удалять с помощью установки перечистой флотации. Это можно выполнять в обычном смесительном блоке, выполненном для добавления различных химических веществ, таких как флокулянты и/или коагулянты, и обработки жидкости этими химическими веществами. Количество коагулянта и/или флокулянта выбирают в

зависимости от процесса, и оно сильно зависит от стоимости химических веществ. Органические коагулянты дороже неорганических. Обычно флокулянты добавляют в количестве менее 10 частей на миллион.

В одном воплощении температуру надосадочной жидкости доводят до 2-60°C перед тем, как направить ее в установку пересадочной флотации.

В одном воплощении рН надосадочной жидкости доводят до 6-12 перед вводом в установку пересадочной флотации.

Температура и/или рН надосадочной жидкости могут быть естественными, то есть вызванными предыдущими стадиями процесса или окружающей средой, или, при желании, свойства могут быть отрегулированы по мере необходимости, например, для оптимизации пересадочной флотации.

В одном воплощении установка пересадочной флотации представляет собой установку флотации растворенным газом (DAF).

DAF представляет собой процесс микрофлотации, который используют в различных областях применения для очистки воды или сточных вод. Твердые частицы отделяют от жидкости с помощью очень мелких пузырьков флотационного газа, микропузырьков. Микропузырьки размером от 30 до 100 мкм образуются при растворении воздуха или другого флотационного газа в жидкости под давлением. Пузырьки образуются при перепаде давления при выпуске дисперсии. Частицы в твердой форме прикрепляются к пузырькам и поднимаются на поверхность. Образовавшийся флотационный шлам удаляют с поверхности жидкости с помощью валков для шлама в качестве верхнего продукта DAF. Иногда могут потребоваться химические вещества, чтобы способствовать флокуляции и повысить эффективность удаления твердых частиц. Обычно удаление коллоидов возможно при эффективной коагуляции.

В одном воплощении ценным материалом является Li.

В одном воплощении ценным материалом является Pt.

В одном воплощении устройства контур технологической воды включает первый гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания нижнего продукта классификатора для отделения первого осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; первый осадок предназначен для поступления в контур фильтрации для извлечения ценного материала, а надосадочная жидкость предназначена для сбора в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В другом воплощении контур обработки воды включает первую установку перечистой флотации, в которой используют пузырьки флотационного газа, по меньшей мере 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с первым гравитационным сепаратором твердых веществ и жидкости для приема надосадочной жидкости, и предназначенную для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала, и для образования очищенной технологической воды в виде нижнего продукта перечистой флотации, предназначенного для рециркуляции в линию флотации минералов или сбора в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении контур технологической воды включает второй гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания верхнего продукта классификатора для отделения второго осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; второй осадок предназначен для поступления в контур флотации минералов в качестве загрузки шлама, а надосадочная жидкость предназначена для сбора в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении контур технологической воды содержит третий гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания более чистого верхнего продукта из контура флотации минералов для отделения третьего осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочная жидкость предназначена для сбора в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении контур технологической воды включает четвертый гравитационный сепаратор твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания более грубого нижнего продукта из контура флотации минералов для отделения четвертого осадка от надосадочной жидкости, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочная жидкость предназначена для сбора в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды.

В одном воплощении контур технологической воды дополнительно содержит вторую установку перечистой флотации, в которой используют пузырьки флотационного

газа, по меньшей мере 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с резервуаром для возвратной воды для приема собранной технологической воды, и предназначенную для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал, для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от собранной технологической воды в верхний продукт перемешивающей флотации в качестве извлеченного ценного материала и для образования очищенной технологической воды в качестве нижнего продукта перемешивающей флотации; очищенная технологическая вода предназначена для рециркуляции в линию флотации минералов.

В одном воплощении контур технологической воды содержит резервуар для верхнего продукта сепаратора, который предназначен для приема надосадочной жидкости из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости перед тем, как ее направляют на перемешивающую флотацию.

В одном воплощении контур технологической воды дополнительно включает смесительный блок, который предназначен для приема надосадочной жидкости из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости перед направлением ее на перемешивающую флотацию, смесительный блок предназначен для химического кондиционирования надосадочной жидкости для флокуляции по меньшей мере мелких частиц, содержащих ценный материал в надосадочной жидкости.

В одном воплощении установка перемешивающей флотации представляет собой установку флотации растворенным газом (DAF).

В одном воплощении применения устройство используют для извлечения Li.

В одном воплощении применения устройство используют для извлечения Li из сподумена.

В одном воплощении устройство используют для извлечения Pt.

В одном воплощении устройство используют для извлечения Pt из минерала МПГ.

Целью способа и устройства в соответствии с настоящим изобретением является удаление как можно большего количества мелких частиц из нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов. В то же время, как побочный эффект, остаточные флотационные химические вещества расходуются и удаляются. Таким образом, ценный материал в мелких частицах может быть извлечен, и общий коэффициент извлечения флотационной линии улучшается. Кроме того, поскольку мелкие частицы и остаточные химические вещества, остающиеся в очищенной технологической воде, вредны для основного процесса флотации и могут снизить качество и ценность конечного продукта (ценные металлы/минералы), проблемы, связанные с рециркуляцией технологической воды обратно в основной процесс флотации могут быть смягчены. Оба

случая также снижают эффективность процессов флотации минералов. Удаление излишков мелких частиц и остаточных флотационных химических веществ может снизить потребление свежих флотационных химических веществ и свежей воды.

#### Краткое описание чертежей

Прилагаемые чертежи, которые включены для обеспечения дальнейшего понимания настоящего изобретения и составляют часть этого описания, иллюстрируют воплощения изобретения и вместе с описанием помогают объяснить принципы настоящего изобретения. На чертежах:

фиг. 1-3 представляют собой упрощенные изображения устройств флотации, где можно использовать воплощения способа согласно изобретению.

#### Подробное описание

Далее подробно описаны воплощения настоящего изобретения, пример которых проиллюстрирован на прилагаемых чертежах.

Приведенное ниже описание раскрывает некоторые воплощения настолько подробно, что специалист в данной области техники может использовать устройство флотации и его применение, а также способ, основанный на описании. Не все стадии воплощений описаны подробно, поскольку многие из стадий очевидны для специалиста в данной области техники на основе этого описания.

Приведенное ниже описание раскрывает некоторые воплощения настолько подробно, что специалист в данной области техники может использовать устройство флотации и его применение, а также способ, основанный на изобретении. Не все стадии воплощений описаны подробно, поскольку многие из стадий очевидны для специалиста в данной области техники на основе этого описания.

Для простоты номера позиций сохранены в следующих приведенных в качестве примера воплощений в случае повторяющихся компонентов.

На прилагаемых фиг. 1-3 схематично показана флотационная установка 1. Чертежи выполнены не в пропорции, и многие компоненты опущены для ясности. Некоторые компоненты представлены в виде блоков, представляющих весь процесс.

Описанные выше воплощения можно использовать в любом сочетании. Несколько воплощений могут быть объединены вместе, чтобы сформировать дополнительное воплощение. Флотационная камера, к которой относится раскрытие, может содержать по меньшей мере одно воплощение из описанных выше. Для специалиста в данной области очевидно, что с развитием технологий основная идея изобретения может быть

реализована различными способами. Таким образом, изобретение и его воплощения не ограничиваются описанными выше примерами; вместо этого они могут варьироваться в пределах объема формулы изобретения.

Флотационная установка 1 включает линию 10 флотации минералов. В линии 10 флотации минералов присутствует мельница 11, в которой рудное сырье, например сподумен, измельчают до подходящего размера частиц или подходящего гранулометрического состава перед процессом флотации, например, до размера частиц менее 300 мкм или менее 100 мкм. В то же время образуется фракция мелких частиц со средним размером менее 10 мкм. Чтобы получить шлам, содержащий частицы, имеющие подходящий диапазон размеров частиц для флотации, подаваемую измельченную руду направляют в контур 12 классификации, содержащий ряд классификаторов, таких как циклоны и магнитные сепараторы (не показаны на чертежах), как это хорошо известно в данной области техники. Например, циклон разделяет частицы руды в соответствии с их плотностью, направляя крупные частицы на приемку, которые затем можно дополнительно сортировать в магнитном сепараторе для отделения железосодержащей части частиц руды, такой как магнетит, от подачи шлама в контур флотации. Вкратце, контур 12 классификации разделяет измельченную руду на верхний продукт 121 классификатора, который должен обрабатываться в контуре 13 флотации минералов, и нижний продукт 122, удаляемый из линии 10 флотации. Контур 12 классификации может быть выполнен любым подходящим способом в соответствии с рудным сырьем и процессом флотации, что очевидно для специалиста в данной области техники.

Линия 10 флотации дополнительно содержит контур 13 флотации минералов для обработки верхнего продукта 121 классификатора в качестве загрузки частиц руды, содержащих ценный материал, взвешенных в суспензии. Перед тем, как направить верхний продукт 121 классификатора в контур 13 флотации минералов, его можно кондиционировать и/или иным образом предварительно обрабатывать любым подходящим традиционным способом, чтобы подготовить верхний продукт 121 классификатора в качестве загрузки шлама, например, путем добавления флотационных химических веществ.

Контур 13 флотации минералов содержит более грубую часть 13а для разделения загрузки шлама на более грубый верхний продукт 131а извлеченного ценного материала и более грубый нижний продукт 132а отходов. Контур флотации минералов дополнительно содержит более чистую часть 13b, предназначенную для приема более грубого верхнего продукта 131а из более грубой части 13а в качестве загрузки шлама, для разделения шлама на более чистый верхний продукт 131b извлеченного ценного материала, и более

чистый нижний продукт 132b, который предназначен для обратного перетока в более грубую часть 13a в качестве загрузки шлама для повторной обработки обычным способом.

Флотационная установка 1 дополнительно содержит контур 20 технологической воды для обработки нижнего продукта и/или верхнего продукта 121, 122, 131b, 132a линии 10 флотации. Контур 20 технологической воды содержит гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости для обезвоживания нижнего продукта и/или верхнего продукта 121, 122, 131b, 132a линии 10 флотации минералов для отделения осадка 212 от надосадочной жидкости 211. Надосадочная жидкость 211 содержит по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости может быть любого подходящего типа, известного в данной области техники, и его выбирают в соответствии с технологическими требованиями флотационной установки 1 и/или линии 10 флотации, что очевидно для специалиста в данной области техники. Гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости может представлять собой, например, сгуститель, такой как сгуститель хвостов (обычный сгуститель, высокопроизводительный сгуститель, сгуститель высокой концентрации или пастовый сгуститель) или осветлитель.

Контур 20 технологической воды также включает резервуар 25 для возвратной воды для сбора технологической воды 500, включающей верхний продукт и/или нижний продукт из линии 10 флотации минералов. Также может присутствовать другой резервуар 26 для возвратной воды для сбора и/или хранения очищенной технологической воды 232, 232a, 232b перед рециркуляцией ее обратно в линию 10 флотации в качестве технологической воды 500 (см. фиг. 2 и 3).

Гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости может представлять собой первый гравитационный сепаратор 21a твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания нижнего продукта 122 классификатора для отделения первого осадка 212a от надосадочной жидкости 211a, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Первый осадок 212a предназначен для поступления в контур фильтрации (не показан на чертежах) для извлечения ценного материала, как это обычно делается, а надосадочная жидкость 211a предназначена для сбора в резервуар для возвратной воды в виде собранной технологической воды. Первый осадок 212a удаляют из флотационной установки 1 как хвосты и обрабатывают обычным способом, например, в запруде хвостохранилища (на чертежах не показано).

Альтернативно или дополнительно гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости может представлять собой второй гравитационный сепаратор 21b твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания верхнего продукта 121 классификатора для отделения второго осадка 212b от надосадочной жидкости 211b, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Второй осадок 212b предназначен для протекания в контур 13 флотации минералов в качестве загрузки шлама, а надосадочная жидкость 211b предназначена для сбора в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500.

Альтернативно или дополнительно, гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости может представлять собой третий гравитационный сепаратор 21c твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания более чистого верхнего продукта 131b из контура 13 флотации минералов для отделения третьего осадка 212c от надосадочной жидкости 211c, содержащей по меньшей мере воду, не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Надосадочная жидкость 211c из третьего гравитационного сепаратора 21c твердых веществ и жидкости может дополнительно содержать остаточные флотационные химические вещества и микробы и другие растворимые или коллоидные вещества в качестве уноса из линии 10 флотации. Надосадочная жидкость 211c предназначена для сбора в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500. Третий осадок 212c извлекают в виде концентрата и обрабатывают обычным способом для извлечения требуемого ценного материала.

Альтернативно или дополнительно гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости может представлять собой четвертый гравитационный сепаратор 21d твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания более грубого нижнего продукта 132a из контура 13 флотации минералов для отделения четвертого осадка 212d от надосадочной жидкости 211d, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Надосадочная жидкость 211d может дополнительно содержать остаточные флотационные химические вещества и микробы, а также другие растворимые или коллоидные вещества в качестве уноса из линии 10 флотации. Надосадочная жидкость 211d предназначена для сбора в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500. Четвертый осадок 212d удаляют из флотационной установки 1 в виде хвостов.

Контур 20 технологической воды содержит установку 23 перемешивающей флотации, в которой используют пузырьки флотационного газа, по меньшей мере 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с гравитационным сепаратором 21

твердых веществ и жидкости для приема надосадочной жидкости 211 перед ее подачей в резервуар 25 для возвратной воды. Установка 23 перечистой флотации предназначена: 1) для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; 2) для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт 231 перечистой флотации в виде извлеченного ценного материала, и 3) для образования очищенной технологической воды 232 в виде нижнего продукта перечистой флотации, предназначенного для рециркуляции в линию 10 флотации минералов или сбора в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500.

Установка 23 перечистой флотации может представлять собой первую установку 23а перечистой флотации, где используют пузырьки флотационного газа, по меньшей мере 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с первым гравитационным сепаратором 21а твердых веществ и жидкости для приема надосадочной жидкости 211а, и она предназначена: 1) для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; 2) для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт 231а перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала и 3) для образования очищенной технологической воды 232а в виде нижнего продукта перечистой флотации, предназначенного для рециркуляции в линию 10 флотации минералов или сбора в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500.

Альтернативно или дополнительно, установка 23 перечистой флотации может представлять собой вторую установку 23b перечистой флотации, в которой используют пузырьки флотационного газа, по меньшей мере 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с резервуаром 25 для возвратной воды для приема собранной технологической воды 500, и она предназначена: 1) для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал, 2) для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от собранной технологической воды в верхний продукт 231b перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала, и 3) для образования очищенной технологической воды 232b в виде нижнего продукта перечистой флотации; очищенная технологическая вода предназначена для рециркуляции в линию 10 флотации минералов.

Таким образом, в зависимости от конфигурации флотационной установки 1 контур 20 технологической воды может включать от 1 до 4 гравитационных сепараторов 21 твердых веществ и жидкости. В зависимости от их расположения внутри флотационной установки гравитационные сепараторы 21, 21а, 21b, 21с, 21d твердых веществ и жидкости

могут быть выбраны из группы, включающей сгуститель шлама, флотационный сгуститель, сгуститель концентрата ценного материала, сгуститель хвостов.

Чтобы извлечь мелкие частицы, содержащие ценный материал, из верхнего продукта и/или нижнего продукта линии 10 флотации, надосадочную жидкость 211a, 211b, 211c, 211d из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости или из ряда гравитационных сепараторов 21a, 21b, 21c, 21d твердых веществ и жидкости можно сначала собирать в резервуар 25 для возвратной воды, а затем направлять во вторую установку 23b перечистой флотации (фиг. 3).

Альтернативно или дополнительно, надосадочную жидкость 211a из первого гравитационного сепаратора 21a твердых веществ и жидкости можно сначала направлять в первую установку 23a перечистой флотации, а затем направлять в резервуар 25 для возвратной воды или рециркулировать обратно в линию 10 флотации в некоторой подходящей точке линии 10 флотации, например, в качестве разбавляющей воды, то есть конфигурация может быть сочетанием альтернативных вариантов, показанных на фиг. 2 и 3.

В установках 23, 23a, 23b перечистой флотации используют флотационный газ для всплывания частиц, собранных химическими веществами - коллекторами. В частности, флотацию в установках 23, 23a, 23b перечистой флотации выполняют с использованием микропузырьков или пузырьков флотационного газа, имеющих определенный диапазон размеров. При перечистой флотации и в установках 23, 23a, 23b перечистой флотации согласно изобретению по меньшей мере 90% пузырьков флотационного газа попадают в диапазон размеров от 2 до 250 мкм. При перечистой флотации можно использовать флотацию растворенным газом (DAF), и установки 23, 23a, 23b перечистой флотации могут представлять собой установку DAF. Также можно использовать другие способы осуществления флотации с пузырьками флотационного газа меньшего размера, такие как флотация с двойным электрическим слоем или мембранная флотация.

Дополнительно контур 20 технологической воды может содержать фильтрующий блок 24 для удаления микробов и химических веществ, способствующих микробиологическому росту, или для удаления любых других нежелательных химических веществ из очищенной технологической воды (см. фиг. 2). Фильтрующий блок 24 может представлять собой блок любого типа, известного в данной области. В одном воплощении фильтрующий блок 24 содержит керамический фильтр или несколько керамических фильтров. Фильтрующий блок может быть расположен после установки 23 перечистой

флотации или после резервуара 25, 26 для возвратной воды, так что очищенную технологическую воду фильтруют перед ее рециркуляцией обратно в линию 10 флотации.

Кроме того, контур 20 технологической воды может содержать резервуар 22а для верхнего продукта сепаратора непосредственно после гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости (см. фиг. 2). Надосадочную жидкость направляют в резервуар 22а для верхнего продукта сепаратора перед тем, как направить ее в установку перемешивания флотации, например, для регулирования объемного расхода в установку перемешивания флотации.

Кроме того, дополнительно или альтернативно, контур 20 технологической воды может содержать смесительный блок 22b (см. фиг. 2) после гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости или после резервуара 22а для верхнего продукта сепаратора, если его используют. Смесительный блок 22b может представлять собой блок любого типа, известного в данной области, и может быть выполнен с возможностью добавления требуемых химических веществ, таких как коагулянты и/или флокулянты, и обработки надосадочной жидкости путем химического кондиционирования, так что по меньшей мере мелкие частицы, содержащие ценный материал, могут флокулировать перед подачей надосадочной жидкости в установку перемешивания флотации. Также и другие соединения, такие как растворимый  $\text{SiO}_2$ , могут таким образом флокулировать с образованием твердых частиц и, таким образом, впоследствии удаляться из очищенной технологической воды. Это может потребоваться, если надосадочная жидкость не содержит достаточного количества остаточных химических веществ - коллекторов в качестве уноса из линии 10 флотации, чтобы обеспечить достаточную флокуляцию мелких частиц, содержащих ценный материал, в установке перемешивания флотации или обеспечить создание достаточно крупных хлопьев в установке перемешивания флотации. Как резервуар 22а для верхнего продукта сепаратора, так и смесительный блок 22b можно дополнительно использовать для регулирования температуры и/или pH надосадочной жидкости, если требуется, чтобы подготовить надосадочную жидкость для перемешивания флотации.

Контур 20 технологической воды может дополнительно содержать фильтрующий блок 24 для удаления микробов и химических веществ, способствующих микробиологическому росту, или для удаления любых других нежелательных химических веществ из очищенной технологической воды или технологической воды 500, рециркулируемой в линию 10 флотации (см. фиг. 2). Фильтрующий блок 24 может представлять собой блок любого типа, известного в данной области техники. В одном воплощении фильтрующий блок 24 содержит керамический фильтр или несколько керамических фильтров.

В способе очистки технологической воды флотационной установки 1 выполняют следующие стадии.

Нижний продукт и/или верхний продукт из линии 10 флотации минералов обрабатывают в контуре 20 технологической воды, содержащем гравитационный сепаратор 21 твердых веществ и жидкости для обезвоживания нижнего продукта и/или верхнего продукта линии 10 флотации минералов, для отделения осадка 212 от надосадочной жидкости 211, содержащей по меньшей мере воду и мелкие частицы, содержащие ценный материал. Контур 20 технологической воды дополнительно содержит резервуар 25 для возвратной воды для сбора и/или хранения технологической воды 500, содержащей верхний продукт и/или нижний продукт из линии 10 флотации минералов.

Перед подачей надосадочной жидкости 211 из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости 21 в резервуар 25 для возвратной воды надосадочную жидкость 211 подвергают перечистой флотации, при которой не менее 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, в установке 23 перечистой флотации. При перечистой флотации по меньшей мере не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал, извлекают из надосадочной жидкости 211. Мелкие частицы, содержащие ценный материал, отделяют от надосадочной жидкости 211 в верхний продукт перечистой флотации 231 в виде извлеченного ценного материала или концентрата, и оттуда направляют на традиционную стадию процесса извлечения ценного материала (например, стадию фильтрации). Очищенную технологическую воду 232 получают в виде нижнего продукта перечистой флотации. Очищенную технологическую воду 232 рециркулирует в линию 10 флотации минералов в любом подходящем или требуемом месте линии 10 флотации минералов, например, в качестве разбавляющей воды. Альтернативно очищенную технологическую воду можно сначала собирать в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500, а затем рециркулировать в линию 10 флотации минералов или в любую другую стадию процесса флотационной установки 1.

В одном воплощении контур 20 технологической воды содержит первый гравитационный сепаратор 21а твердых веществ и жидкости для обезвоживания нижнего продукта 122 классификатора для отделения первого осадка 212а от надосадочной жидкости 211а, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Первый гравитационный сепаратор 21а твердых веществ и жидкости может представлять собой сгуститель шлама. Первый осадок можно собирать в виде концентрата и направлять в контур 14 фильтрации для извлечения ценного

материала. Надосадочную жидкость собирают в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500.

Перед подачей надосадочной жидкости 211a из первого гравитационного сепаратора 21a твердых веществ и жидкости в резервуар 25 для возвратной воды надосадочную жидкость 211a подвергают перемешивающей флотации, в которой не менее 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, в первой установке 23a перемешивающей флотации 1) для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; 2) для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт 231a перемешивающей флотации в качестве извлеченного ценного материала и 3) для образования очищенной технологической воды 232a в качестве нижнего продукта перемешивающей флотации. Очищенную технологическую воду 232a рециркулируют в линию 10 флотации минералов или собирают в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500.

Альтернативно или дополнительно контур 20 технологической воды может содержать второй гравитационный сепаратор 21b твердых веществ и жидкости для обезвоживания верхнего продукта 121 классификатора для отделения второго осадка 212b от надосадочной жидкости 211b, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Вторым гравитационным сепаратором 21b твердых веществ и жидкости может представлять собой флотационный сгуститель. Вторым осадком 212b направляют в контур 13 флотации минералов в качестве загрузки шлама. Надосадочную жидкость 211b собирают в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500.

Альтернативно или дополнительно контур 20 технологической воды может содержать третий гравитационный сепаратор 21c твердых веществ и жидкости для обезвоживания более чистого верхнего продукта 131b из контура 13 флотации для отделения третьего осадка 212c от надосадочной жидкости 211c, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Третьим гравитационным сепаратором 21c твердых веществ и жидкости может представлять собой сгуститель концентрата ценного материала, например высокопроизводительный сгуститель. Надосадочная жидкость 211c может дополнительно содержать остаточные флотационные химические вещества, коллоидные и растворимые соединения и микробы. Надосадочную жидкость 211c собирают в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500. Третий осадок 212c можно собирать в виде

концентрата и направлять на дальнейшую обработку для извлечения целевого ценного материала, например, на стадии фильтрации (не показана на чертежах).

Альтернативно или дополнительно контур 20 технологической воды может содержать четвертый гравитационный сепаратор 21d твердых веществ и жидкости для обезвоживания более грубого нижнего продукта 132a из контура 13 флотации с целью отделения четвертого осадка 212d от надосадочной жидкости 211d, содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал. Четвертый гравитационный сепаратор 21d твердых веществ и жидкости может быть сгустителем хвостов. Надосадочная жидкость 211d может дополнительно содержать остаточные флотационные химические вещества, коллоидные и растворимые соединения и микробы. Надосадочную жидкость 211d собирают в резервуар 25 для возвратной воды в виде собранной технологической воды 500. Четвертый осадок 212d можно удалять из флотационной установки 1 как хвосты и соответственно обрабатывать, например, в запруде хвостохранилища.

В одном воплощении перед рециркуляцией одной или более надосадочных жидкостей 211a, 211b, 211c, 211d в качестве собранной технологической воды 500 из резервуара 25 для возвратной воды в линию 10 флотации минералов собранную технологическую воду 500 подвергают перечистой флотации, в которой по меньшей мере 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, во второй установке 23b перечистой флотации 1) для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал, 2) для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от собранной технологической воды в верхний продукт 231b перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала и 3) для образования очищенной технологической воды 232b в качестве нижнего продукта перечистой флотации; эту очищенную технологическую воду можно затем рециркулировать в линию 10 флотации минералов.

Перечистная флотация может представлять собой флотацию растворенным газом (DAF), то есть установка 23 перечистой флотации может представлять собой установку DAF.

Таким образом, в зависимости от конфигурации флотационной установки 1, контур 20 технологической воды может включать от 1 до 4 гравитационных сепараторов 21 твердых веществ и жидкости. Для извлечения мелких частиц, содержащих ценный материал, из верхнего продукта и/или нижнего продукта линии 10 флотации, надосадочную жидкость 211a, 211b, 211c, 211d из гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости или из ряда гравитационных сепараторов 21a, 21b, 21c, 21d твердых

веществ и жидкости можно сначала собирать в резервуар 25 для возвратной воды, а затем направлять во вторую установку 23b перечистой флотации (фиг. 3).

Альтернативно или дополнительно надосадочную жидкость 211a из первого гравитационного сепаратора 21a твердых веществ и жидкости можно сначала направлять в первую установку 23a перечистой очистки, а затем направлять в резервуар 25 для возвратной воды или рециркулировать обратно в линию 10 флотации в некоторой подходящей точке линия 10 флотации, например, в качестве разбавляющей воды, то есть конфигурация может быть сочетанием альтернативных вариантов, показанных на фиг. 2 и 3.

Перед рециркуляцией очищенной технологической воды в линию 10 флотации минералов ее можно собирать и/или хранить во втором резервуаре 26 для возвратной воды.

Кроме того, перед рециркуляцией очищенной технологической воды в линию 10 флотации минералов или перед рециркуляцией технологической воды 500 из резервуара 25, 26 для возвратной воды в линию 10 флотации минералов воду можно подвергать стадии фильтрации в фильтрующем блоке 24 для удаления микробов и химических веществ, способствующих микробиологическому росту, или для удаления любых других нежелательных химических веществ из очищенной технологической воды или технологической воды 500, рециркулируемой в линию 10 флотации минералов (см. фиг. 2).

Перед направлением верхнего продукта и/или нижнего продукта 121, 122, 131b, 132a из линии 10 флотации минералов в гравитационный сепаратор 21, 21a, 21b, 21c, 21d твердых веществ и жидкости концентрацию верхнего продукта и/или нижнего продукта 121, 122, 131b, 132a можно довести до 0,5-15 масс.% любым обычным способом, например, используя рециркулируемую технологическую воду 500 в качестве воды для разбавления. Кроме того, посредством этого турбулентный поток верхнего продукта и/или нижнего продукта из линии 10 флотации минералов можно отрегулировать до ламинарного потока, когда его направляют в гравитационный сепаратор 21, 21a, 21b, 21c, 21d твердых веществ и жидкости.

Например, в четвертом гравитационном сепараторе 21d твердых веществ и жидкости («сгуститель хвостов») входящий нижний продукт 132a может иметь концентрацию обычно от 35 до 45 масс.%. Путем снижения концентрации до 0,5-15 масс.% посредством добавления технологической воды 500 может быть достигнуто улучшенное осаждение твердых частиц в ламинарных условиях, поскольку создаются идеальные условия для стадии промывки мелких частиц. Как правило, мелкие частицы

размером менее 10 мкм затем следуют за водой в надосадочную жидкость, а не оседают на дно гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости в виде осадка. Специалист в данной области техники может отрегулировать подходящую концентрацию с помощью информации о диапазоне размеров и плотности материала входящего нижнего продукта и/или верхнего продукта в отношении скорости подъема или поверхностной нагрузки гравитационного сепаратора твердых веществ и жидкости.

Время пребывания верхнего 121, 122, 131b, 132a в гравитационном сепараторе 21, 21a, 21b, 21c, 21d твердых веществ и жидкости составляет менее 10 часов. Время пребывания может составлять от 0,5 до 8 часов, например 1 час; 2,25 часа; 3,5 часа; 4 часа; 5,75 часов; или 6,5 часов.

Температура надосадочной жидкости 211, 211a, 211b, 211c, 211d может быть отрегулирована до 2-60°C, а pH доведен до 6-12 перед подачей ее в установку 23, 23a, 23b перемешивающей флотации. pH может составлять или может быть доведен, например, до 7; или 7,3; или 7,5; или 8; или 9,25. Температура и pH надосадочной жидкости 211, 211a, 211b, 211c, 211d могут быть отрегулированы для оптимизации перемешивающей флотации в установке 23, 23a, 23b перемешивающей флотации, или предыдущие стадии процесса могут вызвать температуру и/или pH надосадочной жидкости для отображения определенных значений. Вышеупомянутые свойства надосадочной жидкости 211, 211a, 211b, 211c, 211d можно отдельно регулировать в резервуаре 22a для верхнего продукта сепаратора.

В зависимости от типа сырья или руды, обрабатываемой во флотационной установке 1, из надосадочной жидкости 211, 211a, 211b, 211c, 211d может быть извлечено значительное количество мелких частиц, содержащих ценный материал, не извлеченных на линии 10 флотации минералов, из гравитационного сепаратора 21, 21a, 21b, 21c, 21d твердых веществ и жидкости. В одном воплощении извлекают по меньшей мере 40% мелких частиц, содержащих ценный материал. В некоторых случаях может быть извлечено до 90% мелких частиц, содержащих ценный материал.

После перемешивающей флотации верхний продукт 231, 231a, 231b перемешивающей флотации удаляют в виде концентрата, а очищенную технологическую воду 232, 232a, 232b рециркулируют в контур 10 флотации минералов. Перед рециркуляцией очищенной технологической воды 231 в контур 10 флотации минералов, ее можно подвергать стадии фильтрации для удаления химических веществ, способствующих микробиологическому росту, или для удаления других нежелательных или вредных химических соединений. На стадии фильтрации можно использовать фильтрующий блок 24, содержащий керамический фильтр.

Контур 20 технологической воды и/или способ очистки технологической воды может не влиять на жесткость очищенной технологической воды 232, 232а, 232b, то есть жесткость воды нижнего продукта и/или верхнего продукта 121, 122, 131b, 132а из линии 10 флотации минералов является по существу такой же, как жесткость очищенной технологической воды 232, 232а, 232b или технологической воды 500, рециркулируемой в линию 10 флотации минералов.

На дополнительной стадии способа перед тем, как надосадочную жидкость 211, 211а, 211b, 211с, 211d направить из гравитационного сепаратора 21, 21а, 21b, 21с, 21d твердых веществ и жидкости на перечистную флотацию, надосадочную жидкость можно направлять в резервуар 22а для верхнего продукта сепаратора. Дополнительно или альтернативно, до того, как надосадочную жидкость 211, 211а, 211b, 211с, 211d направляют из гравитационного сепаратора 21, 21а, 21b, 21с, 21d твердых веществ и жидкости на перечистную флотацию, надосадочную жидкость можно направлять в смесительный блок 22b для химического кондиционирования надосадочной жидкости путем добавления коагулянта и/или флокулянта для флокуляции по меньшей мере мелких частиц, содержащих ценный материал в надосадочной жидкости. Коагулянт можно выбирать из группы, включающей неорганические коагулянты, соли алюминия, соли железа, органические коагулянты.

Одним из возможных неорганических коагулянтов является хлорид полиалюминия (РАС). Неорганический коагулянт можно добавлять в надосадочную жидкость 211, 211а, 211b, 211с, 211d в смесительном блоке 22b в количестве от 1 до 2000 частей на миллион, например, в количестве 5 частей на миллион, 10 частей на миллион, 25 частей на миллион, 50 частей на миллион, 75 частей на миллион, 150 частей на миллион, 225 частей на миллион, 350 частей на миллион или 400 частей на миллион. В одном воплощении добавляют 100 частей на миллион РАС. Органический коагулянт можно добавлять в надосадочную жидкость 211, 211а, 211b, 211с, 211d в количестве от 5 до 200 частей на миллион.

Альтернативно или дополнительно, надосадочную жидкость 211, 211а, 211b, 211с, 211d можно кондиционировать в смесительном блоке 22b путем добавления флокулянта, чтобы дополнительно способствовать извлечению мелких частиц, содержащих ценный материал, из надосадочной жидкости 211, 211а, 211b, 211с, 211d путем их флокуляции. Например, можно использовать природный флокулянт, такой как крахмал или модифицированный крахмал, или полисахариды. Например, можно использовать синтетические флокулянты. Синтетические флокулянты могут иметь различный заряд. Примерами синтетических флокулянтов являются высокомолекулярные (более 500 000)

флокулянты, такие как полиакриламиды (отрицательно или положительно заряженные или нейтральные) или продукты Манниха (положительно заряженные), и низкомолекулярные (менее 500 000) флокулянты, такие как полиамины (положительно заряженные), полиэпиамины (положительно заряженные), полидиалдиметилхлорид амония (polyDADMAC) (положительно заряженный), полиэтиленимины (положительно заряженные) или полиэтиленоксид (нейтральный).

Флокулянт можно добавлять в количестве от 1 до 100 частей на миллион, например, в количестве 1,25 частей на миллион, 1,75 частей на миллион, 2,25 частей на миллион, 7,5 частей на миллион или 12,25 частей на миллион. В одном воплощении добавляют 2 частей на миллион флокулянта.

Применение устройства согласно приведенному выше описанию можно осуществлять во флотационной установке 1, предназначенной для извлечения ценного материала из руды, имеющей плотность ниже  $4 \text{ г/см}^3$ , предпочтительно от 2,4 до  $3,2 \text{ г/см}^3$ . Например, сподумен имеет плотность  $3,11 \text{ г/см}^3$ . В одном воплощении ценным материалом является Li. В одном воплощении ценным материалом является Pt. В одном воплощении сырьем для флотационной установки 1 является сподуменовая руда, из которой предполагается извлекать литий. В одном воплощении минералы МПГ или другие источники Pt используют в качестве сырья для флотационной установки 1, предназначенной для извлечения Pt.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ очистки технологической воды флотационной установки (1) для извлечения ценного материала, причем флотационная установка включает линию (10) флотации минералов, содержащую

- мельницу (11);

- контур (12) классификации для сортировки подачи измельченной руды (110) из мельницы на верхний продукт (121) классификатора и нижний продукт (122) классификатора, и

- контур (13) флотации минералов для обработки верхнего продукта классификатора в качестве загрузки частиц руды, содержащих ценный материал, взвешенных в шламе, причем контур флотации включает более грубую часть (13а) для разделения загрузки шлама на более грубый верхний продукт (131а) извлеченного ценного материала и более грубый нижний продукт (132а) отходов, и более чистую часть (13б), предназначенную для приема более грубого верхнего продукта (131а) из более грубой части в качестве загрузки шлама для разделения шлама на более чистый верхний продукт (131б) извлеченного ценного материала и более чистый нижний продукт (132б), предназначенный для обратного перетока в более грубую часть в качестве загрузки шлама;

флотационная установка (1) дополнительно содержит контур (20) технологической воды для обработки нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов, причем контур технологической воды включает гравитационный сепаратор (21) твердых веществ и жидкости для обезвоживания нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов для отделения осадка (212) от надосадочной жидкости (211), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал, и резервуар (25) для возвратной воды для сбора технологической воды (500), содержащей верхний продукт и/или нижний продукт из линии (10) флотации минералов,

отличающийся тем, что, перед подачей надосадочной жидкости (211) из гравитационного сепаратора (21) твердых веществ и жидкости в резервуар (25) для возвратной воды надосадочную жидкость подвергают перечистой флотации, при которой по меньшей мере 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, в установке (23) перечистой флотации для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал, для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт (231) перечистой

флотации в качестве извлеченного ценного материала и для образования очищенной технологической воды (232) в виде нижнего продукта перечистой флотации, и тем, что очищенную технологическую воду рециркулируют в линию (10) флотации минералов или собирают в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что контур (20) технологической воды включает первый гравитационный сепаратор (21a) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания нижнего продукта (122) классификатора для отделения первого осадка (212a) от надосадочной жидкости (211a), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; первый осадок (212a) направляют в контур (14) фильтрации для извлечения ценного материала, а надосадочную жидкость собирают в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что перед подачей надосадочной жидкости (211a) из первого гравитационного сепаратора (21a) твердых веществ и жидкости в резервуар (25) для возвратной воды надосадочную жидкость подвергают перечистой флотации, при которой не менее 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, в первой установке (23a) перечистой флотации для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт (231a) перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала и для образования очищенной технологической воды (232a) в качестве нижнего продукта перечистой флотации, и тем, что очищенную технологическую воду рециркулируют в линию (10) флотации минералов или собирают в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что контур (20) технологической воды включает второй гравитационный сепаратор (21b) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания верхнего продукта (121) классификатора для отделения второго осадка (212b) от надосадочной жидкости (211b), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; второй осадок (212b) направляют в контур (13) флотации минералов в

качестве загрузки шлама, а надосадочную жидкость (211b) собирают в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что контур (20) технологической воды включает третий гравитационный сепаратор (21c) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания более чистого верхнего продукта (131b) из контура (13) флотации для отделения третьего осадка (212c) от надосадочной жидкости (211c), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочную жидкость (211c) собирают в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что контур (20) технологической воды включает четвертый гравитационный сепаратор (21d) твердых веществ и жидкости для обезвоживания более грубого нижнего продукта (132a) из контура (13) флотации для отделения четвертого осадка (212d) от надосадочной жидкости (211d), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочную жидкость (211d) собирают в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что перед рециркуляцией собранной технологической воды (500) из резервуара (50) для возвратной воды в линию (10) флотации минералов собранную технологическую воду подвергают перечистой флотации, при которой не менее 90% пузырьков флотационного газа имеют размер от 0,2 до 250 мкм, во второй установке (23b) перечистой флотации для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал, для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от собранной технологической воды в верхний продукт (231b) перечистой флотации в качестве извлеченного ценного материала, и для образования очищенной технологической воды (232b) в виде нижнего продукта перечистой флотации, и тем, что очищенную технологическую воду рециркулируют в линию (10) флотации минералов.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что перед направлением верхнего продукта и/или нижнего продукта из линии (10) флотации минералов в гравитационный сепаратор (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости концентрацию верхнего продукта и/или нижнего продукта доводят до 0,5-15 масс.%.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что турбулентный поток верхнего продукта и/или нижнего продукта из линии (10) флотации минералов регулируют с получением ламинарного потока, по мере того, как его направляют в гравитационный сепаратор (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости.

10. Способ по любому из пп.1-9, отличающийся тем, что по меньшей мере 40% мелких частиц, содержащих ценный материал, не извлеченных в линии (10) флотации минералов, извлекают из надосадочной жидкости (211, 211a, 211b, 211c, 211d) гравитационного сепаратора (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости.

11. Способ по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что время пребывания верхнего продукта и/или нижнего продукта из линии (10) флотации минералов в гравитационном сепараторе (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости составляет менее 10 часов, предпочтительно от 0,5 до 8 часов.

12. Способ по любому из пп.1-11, отличающийся тем, что перед направлением надосадочной жидкости (211, 211a, 211b, 211c, 211d) из гравитационного сепаратора (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости в перемешивающую флотацию надосадочную жидкость направляют в резервуар (22a) для верхнего продукта сепаратора.

13. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что перед направлением надосадочной жидкости (211, 211a, 211b, 211c, 211d) из гравитационного сепаратора (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости в перемешивающую флотацию надосадочную жидкость направляют в смесительный блок (22b) для химического кондиционирования надосадочной жидкости путем добавления коагулянта и/или флокулянта для флокуляции по меньшей мере мелких частиц, содержащих ценный материал, в надосадочной жидкости.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что коагулянт выбирают из группы, содержащей неорганический коллектор, соли алюминия, соли железа, органические коагулянты.

15. Способ по п.13 или п.14, отличающийся тем, что коагулянт добавляют в надосадочную жидкость (211, 211a, 211b, 211c, 211d) в количестве от 1 до 2000 частей на миллион.

16. Способ по любому из пп.13-15, отличающийся тем, что флокулянт выбирают из группы, включающей природные полимеры, синтетические флокулянты.

17. Способ по любому из пп.13-16, отличающийся тем, что флокулянт добавляют в надосадочную жидкость (211, 211a, 211b, 211c, 211d) в количестве от 1 до 100 частей на миллион.

18. Способ по любому из пп.1-17, отличающийся тем, что температуру надосадочной жидкости (211, 211a, 211b, 211c, 211d) регулируют до 2-60°C перед ее направлением в установку (23, 23a, 23b) перемешивающей флотации.

19. Способ по любому из пп.1-18, отличающийся тем, что pH надосадочной жидкости регулируют до 6-12 перед ее направлением в установку (23, 23a, 23b) перемешивающей флотации.

20. Способ по любому из пп.1-19, отличающийся тем, что установка (23, 23a, 23b, 23c) перемешивающей флотации представляет собой установку флотации растворенным газом (DAF).

21. Способ по любому из пп.1-20, отличающийся тем, что ценным материалом является Li.

22. Способ по любому из пп.1-20, отличающийся тем, что ценным материалом является Pt.

23. Устройство для очистки технологической воды флотационной установки (1) для извлечения ценного материала, причем флотационная установка включает линию (10) флотации минералов, содержащую

- мельницу (11);

- контур (12) классификации для сортировки подачи измельченной руды (110) из мельницы на верхний продукт (121) классификатора и нижний продукт (122) классификатора, и

- контур (13) флотации минералов для обработки частиц руды, содержащих ценный материал и взвешенных в шламе, причем контур флотации включает более грубую часть

(13a) для разделения загрузки шлама на более грубый верхний продукт (131a) извлеченного ценного материала и более грубый нижний продукт (132a) отходов, и более чистую часть (13b), предназначенную для приема более грубого верхнего продукта (131a) из более грубой части в качестве загрузки шлама для разделения шлама на более чистый верхний продукт (131b) извлеченного ценного материала и более чистый нижний продукт (132b), предназначенный для обратного перетока в более грубую часть в качестве загрузки шлама;

флотационная установка (1) дополнительно содержит контур (20) технологической воды для обработки нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов, причем контур технологической воды включает гравитационный сепаратор (21) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания нижнего продукта и/или верхнего продукта линии флотации минералов для отделения осадка (212) от надосадочной жидкости (211), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал, и резервуар (25) для возвратной воды для сбора технологической воды (500), содержащей верхний продукт и/или нижний продукт из линии флотации минералов,

отличающееся тем, что контур (20) технологической воды дополнительно содержит установку (23) перемешивающей флотации, в которой используют пузырьки флотационного газа, по меньшей мере 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с гравитационным сепаратором (21) твердых веществ и жидкости для приема надосадочной жидкости (211) перед ее подачей в резервуар для возвратной воды, и предназначенную для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт (231) перемешивающей флотации в виде извлеченного ценного материала, и для образования очищенной технологической воды (232) в виде нижнего продукта перемешивающей флотации, предназначенной для рециркуляции в линию (10) флотации минералов или сбора в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

24. Устройство по п.23, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды включает первый гравитационный сепаратор (21a) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания нижнего продукта (122) классификатора для отделения первого осадка (212a) от надосадочной жидкости (211a), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; первый осадок (212a) предназначен для протекания в контур (14) фильтрации для

извлечения ценного материала, а надосадочная жидкость предназначена для сбора в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

25. Устройство по п.24, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды включает первую установку (23а) перечистной флотации, в которой используют пузырьки флотационного газа, не менее 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с первым гравитационным сепаратором (21а) твердых веществ и жидкости для приема надосадочной жидкости (211а) и предназначенную для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от надосадочной жидкости в верхний продукт (231а) перечистной флотации в качестве извлеченного ценного материала и для образования очищенной технологической воды (232а) в виде нижнего продукта перечистной флотации, предназначенной для рециркуляции в линию (10) флотации минералов или сбора в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

26. Устройство по любому из пп.23-25, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды включает второй гравитационный сепаратор (21b) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания верхнего продукта (121) классификатора для отделения второго осадка (212b) от надосадочной жидкости (211b), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; второй осадок (212b) предназначен для протекания в контур (13) флотации минералов в качестве загрузки шлама, а надосадочная жидкость (211b) предназначена для сбора в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

27. Устройство по любому из пп.23-26, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды включает третий гравитационный сепаратор (21с) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания более чистого верхнего продукта (131b) из контура (13) флотации минералов для отделения третьего осадка (212с) от надосадочной жидкости (211с), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочная жидкость (211с) предназначена для сбора в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

28. Устройство по любому из пп.23-27, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды включает четвертый гравитационный сепаратор (21d) твердых веществ и жидкости, предназначенный для обезвоживания более грубого нижнего продукта (132a) из контура (13) флотации минералов для отделения четвертого осадка (212d) от надосадочной жидкости (211d), содержащей по меньшей мере воду и не извлеченные мелкие частицы, содержащие ценный материал; надосадочная жидкость (211d) предназначена для сбора в резервуар (25) для возвратной воды в виде собранной технологической воды (500).

29. Устройство по любому из пп.23-28, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды дополнительно включает вторую установку (23b) перечистной флотации, в которой используют пузырьки флотационного газа, не менее 90% которых имеют размер от 0,2 до 250 мкм, функционально соединенную с резервуаром (25) для возвратной воды для приема собранной технологической воды (500) и предназначенную для сбора по меньшей мере не извлеченных мелких частиц, содержащих ценный материал; для отделения мелких частиц, содержащих ценный материал, от собранной технологической воды в верхний продукт (231b) перечистной флотации в качестве извлеченного ценного материала и для образования очищенной технологической воды (232b) в виде нижнего продукта перечистной флотации; очищенная технологическая вода предназначена для рециркуляции в линию (10) флотации.

30. Устройство по любому из пп.23-29, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды включает резервуар (22a) для верхнего продукта сепаратора, предназначенный для протекания в него надосадочной жидкости (211, 211a, 211b, 211c, 211d) из гравитационного сепаратора (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости перед ее направлением в перечистную флотацию.

31. Устройство по любому из пп.23-30, отличающееся тем, что контур (20) технологической воды дополнительно включает смесительный блок (22b), предназначенный для протекания в него надосадочной жидкости (211, 211a, 211b, 211c, 211d) из гравитационного сепаратора (21, 21a, 21b, 21c, 21d) твердых веществ и жидкости перед ее направлением в перечистную флотацию, причем смесительный блок (22b) предназначен для химического кондиционирования надосадочной жидкости для флокуляции по меньшей мере мелких частиц, содержащих ценный материал, в надосадочной жидкости.

32. Устройство по любому из пп.23-31, отличающееся тем, что установка (23, 23а, 23b, 23с) перечистой флотации представляет собой установку флотации растворенным газом (DAF).

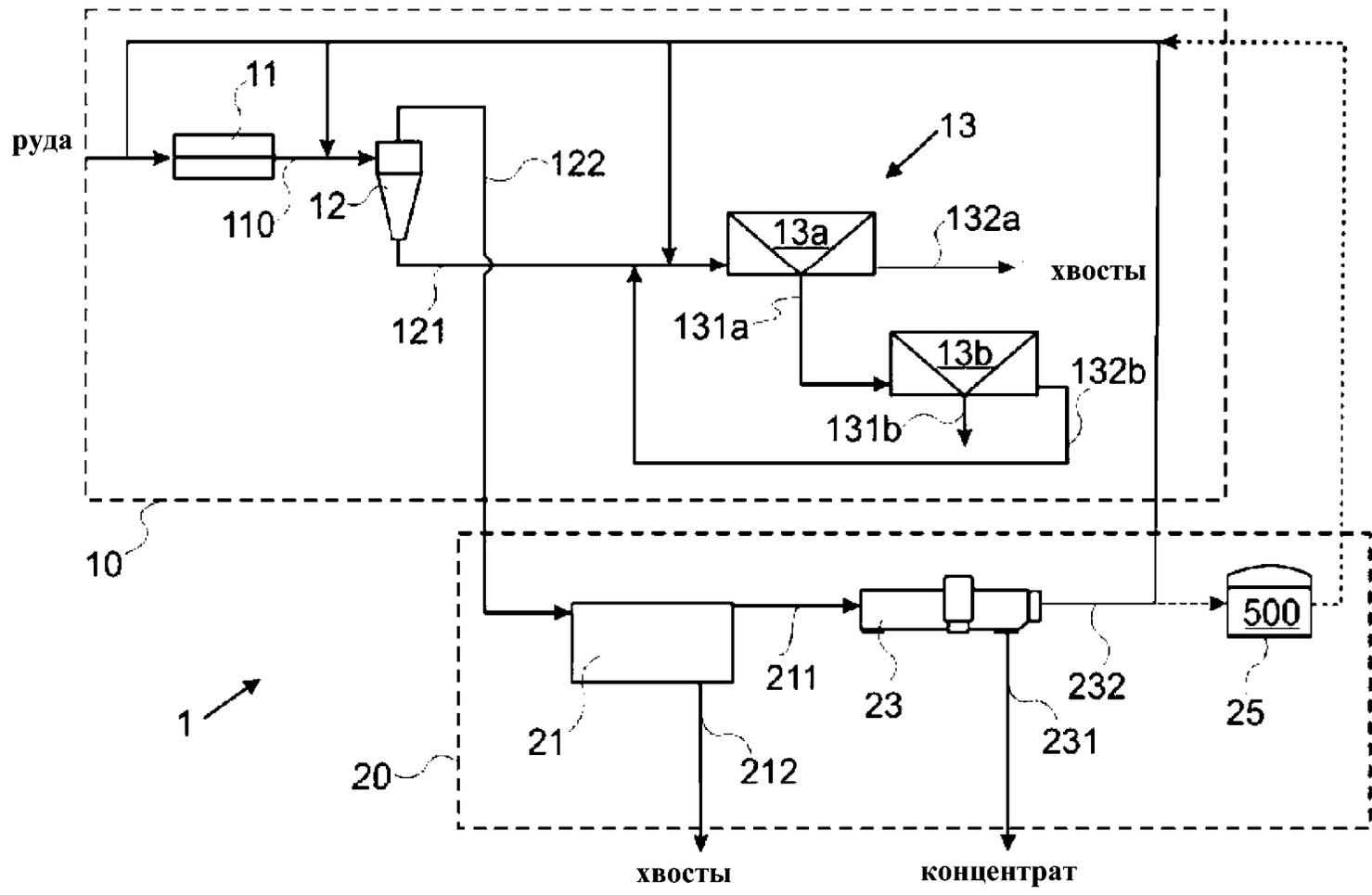
33. Применение устройства по любому из пп.23-32 для извлечения ценного материала из руды, имеющей плотность менее  $4 \text{ мг/см}^3$ , предпочтительно от 2,4 до  $3,2 \text{ г/см}^3$ .

34. Применение по п.33 для извлечения Li.

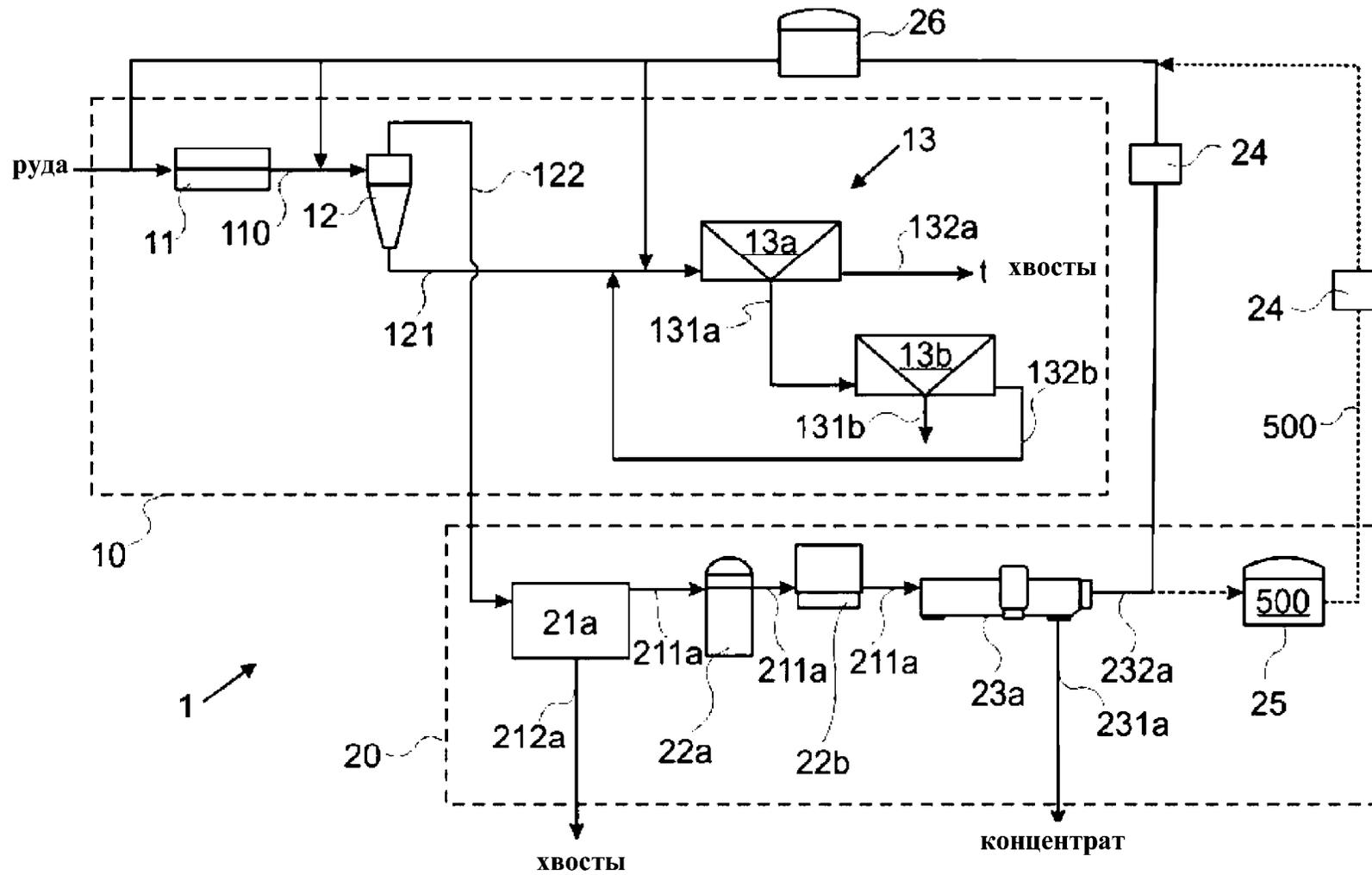
35. Применение по п.34 для извлечения Li из сподумена.

36. Применение по п.33 для извлечения Pt.

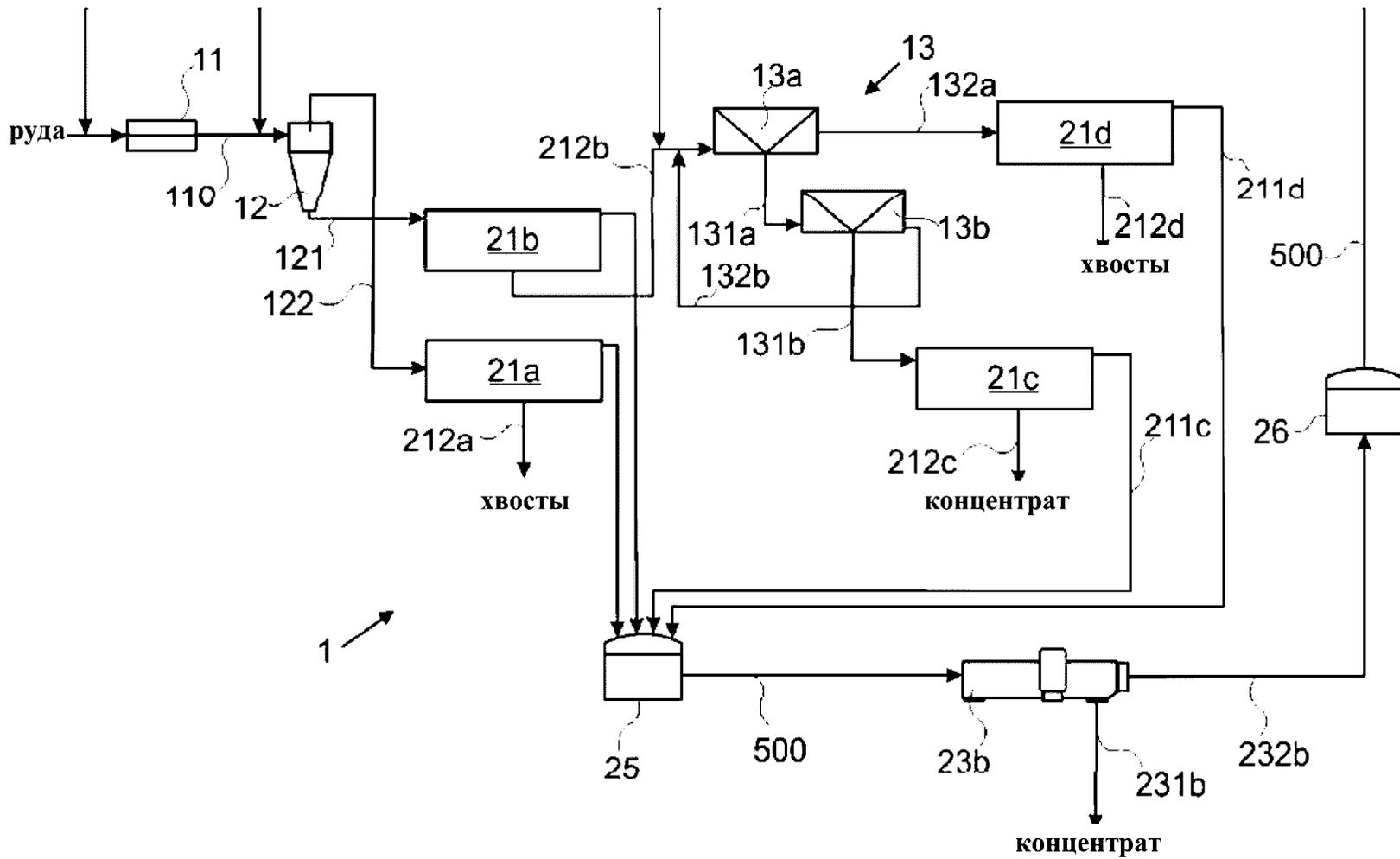
37. Применение по п.36 для извлечения Pt из минерала ПГМ.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3