

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202293248** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки  
2023.03.13

(22) Дата подачи заявки  
2020.06.17

(51) Int. Cl. **B03D 1/02** (2006.01)  
**C02F 1/24** (2006.01)  
**C02F 1/52** (2006.01)  
**B03D 103/02** (2006.01)  
**C02F 101/10** (2006.01)  
**C02F 103/10** (2006.01)

**(54) УДАЛЕНИЕ Si ИЗ ВОДНЫХ ПОТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ, ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ**

(86) PCT/FI2020/050438

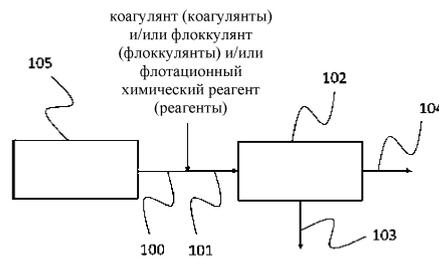
(87) WO 2021/255325 2021.12.23

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

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

(72) Изобретатель:  
**Янссон Кай, Саари Эйя (FI)**

(57) Предложен способ удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока (100, 200а, 300а, 400b) предприятия, перерабатывающего минеральное сырье. Способ включает добавление коагулянта(ов) и/или флокулянта(ов) и/или флотационного химического реагента(ов) в водный поток (100, 200а, 300а, 400b) для обеспечения образования хлопьев, включающих по меньшей мере некоторое количество соединений Si, для получения обработанного водного потока (101, 201, 301, 401); проведение перечистной флотации обработанного водного потока (101, 201, 301, 401) для отделения по меньшей мере некоторого количества соединений Si в виде верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистной флотации и удаление верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистной флотации. Перечистная флотация включает использование пузырьков газа, где по меньшей мере 90% пузырьков газа имеют диаметр, составляющий от 0,2 до 250 мкм.



**A1**

**202293248**

**202293248**

**A1**

## **УДАЛЕНИЕ Si ИЗ ВОДНЫХ ПОТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ, ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ**

### **ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ**

Настоящее изобретение относится к способу и установке для удаления Si из водного потока (потоков) предприятия, перерабатывающего минеральное сырье. В частности, настоящее изобретение относится к способу и установке для удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока предприятия, перерабатывающего минеральное сырье.

### **ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ**

При выполнении различных технологических этапов переработки минерального сырья величина pH суспензии обычно снижается в результате окисления сульфидных минералов и отсутствия карбонатных минералов, которые являются эффективными буферами pH. Указанное окисление серы и сопутствующее снижение pH также продолжается во время обработки хвостов (отходов), что приводит к повышению концентраций растворенных ионов в жидкостной фазе, таких как SO<sub>4</sub>, Mg, Fe, Ni, Ca, K, Na. Кроме того, в результате растворения алюмосиликатных/силикатных минералов при низких значениях pH в жидкостную фазу высвобождаются Si и Al.

Вода, получаемая в операциях обработки хвостов, а также другие подаваемые в систему водные потоки, такие как вода из отвалов пустой породы или открытой выработки (карьера), могут иметь значительные концентрации растворенных веществ, таких как Si и металлы. После смешивания различных водных потоков и их подачи в этап флотационной обработки с высоким pH, растворимость различных химических соединений изменяется. Соответственно, в зависимости от концентрации растворенного Si в поступающем потоке, а также в зависимости от профиля pH в способе, растворенные силикаты могут подвергаться полимеризации с образованием гелей и коллоидов, либо в результате полимеризации, либо в результате реакции с различными ионами металлов или твердыми поверхностями.

Гели и коллоиды, образуемые силикатами, могут вызывать различные проблемы, которые в конечном итоге могут приводить к потерям ценных металлов, а также к снижению степени извлечения и качества конечных продуктов.

Соответственно, имеется необходимость в разработке способа удаления соединений Si из водных потоков предприятия, перерабатывающего минеральное сырье.

В частности, имеется необходимость в разработке способа удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водных потоков предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, и, таким образом, предотвращения образования гелей и коллоидов, содержащих силикаты, что позволит устранить создаваемые ими проблемы.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задача настоящего изобретения состоит в предоставлении способа и установки для удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, что позволит повысить степень извлечения и качество извлеченного продукта и, соответственно, общую эффективность работы предприятия.

Одно из воплощений изобретения относится к способу удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока предприятия, перерабатывающего минеральное сырье. Способ включает добавление коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флокулянтов) и/или флотационного химического реагента (реагентов) в водный поток для обеспечения образования хлопьев, включающих по меньшей мере некоторое количество соединений Si, и для получения обработанного водного потока; проведение перечистой флотации обработанного водного потока для отделения по меньшей мере некоторого количества соединений Si в виде верхнего продукта перечистой флотации; и удаление верхнего продукта перечистой флотации. Перечистная флотация включает использование пузырьков газа, причем по меньшей мере 90% пузырьков газа имеют диаметр, составляющий от 0,2 до 250 мкм.

Одно из воплощений изобретения относится к установке для удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока предприятия, перерабатывающего минеральное сырье. Установка включает: смесительную систему, сконструированную для добавления в водный поток коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флокулянтов) и/или флотационного химического реагента (реагентов), и установку перечистой флотации, сконструированную для отделения по меньшей мере некоторого количества соединений Si от водного потока в виде верхнего продукта перечистой флотации и для получения остаточной производственной воды в виде нижнего продукта перечистой флотации.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

На Фиг. 1 схематично представлен пример технологической схемы способа согласно одному из воплощений изобретения;

на Фиг. 2 схематично представлен пример технологической схемы способа согласно одному из воплощений изобретения;

на Фиг. 3 схематично представлен пример технологической схемы способа согласно одному из воплощений изобретения; и

на Фиг. 4 схематично представлен пример технологической схемы способа согласно одному из воплощений изобретения.

Изображения приведены схематично. Изображения приведены не в масштабе.

### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Ниже техническое решение рассмотрено более подробно на примере некоторых воплощений, которые не следует рассматривать как ограничивающие.

Употребляемый в настоящем описании и в формуле изобретения термин “включающий” может иметь неограничивающее значение, однако, он также включает ограничивающий термин “состоящий из”.

В настоящем документе используются следующие числовые обозначения:

100	водный поток
101	обработанный водный поток
102	установка перечистой флотации
103	верхний продукт перечистой флотации
104	нижний продукт перечистой флотации
105	оборудование для обезвоживания
200a	водный поток
201	обработанный водный поток
202	установка перечистой флотации
203	верхний продукт перечистой флотации
204	нижний продукт перечистой флотации
205a	сгуститель хвостов
211	контур флотации минерального сырья
212	суспензия
213	нижний продукт контура флотации минерального сырья
214	верхний продукт контура флотации минерального сырья

215	нижний продукт из сгустителя хвостов
216	флотационная установка
300a	водный поток
301	обработанный водный поток
302	установка перечистой флотации
303	верхний продукт перечистой флотации
304	нижний продукт перечистой флотации
305a	сгуститель хвостов
311a	первый контур флотации минерального сырья
311b	второй контур флотации минерального сырья
312	суспензия
313a	нижний продукт первого контура флотации минерального сырья
313b	нижний продукт второго контура флотации минерального сырья
314a	верхний продукт первого контура флотации минерального сырья
314b	верхний продукт второго контура флотации минерального сырья
315	нижний продукт из сгустителя хвостов
316	флотационная установка
400b	водный поток
401	обработанный водный поток
402	установка перечистой флотации
403	верхний продукт перечистой флотации
404	нижний продукт перечистой флотации
405b	сгуститель концентрата
411	контур флотации минерального сырья
412	суспензия
413	нижний продукт контура флотации минерального сырья
414	верхний продукт контура флотации минерального сырья
416	флотационная установка
425	нижний продукт из сгустителя концентрата

В горнодобывающей промышленности термином “обогащение” обозначают способ, который позволяет повысить экономическую ценность руды за счет удаления минералов пустой породы; в результате выполнения такого способа получают продукт более высокого качества (концентрат) и поток отходов, т.е. хвосты. Примеры

обогачительных способов включают, например, пенную флотацию и гравитационное разделение. Термин “пустая порода” относится к не имеющему коммерческой ценности материалу, который окружает целевой минерал или плотно перемешан с ним в рудном месторождении.

Обогащение пенной флотацией обычно применяют для извлечения и обогащения сульфидных руд. Пенная флотация представляет собой способ, подходящий для отделения минералов от пустой породы за счет разности величин их гидрофобности. Разность величин гидрофобности ценных минералов и пустой породы повышается при использовании поверхностно-активных веществ и смачивающих агентов. Процесс флотации применяют для разделения различных сульфидов, карбонатов и оксидов перед последующим рафинированием.

Для проведения пенной флотации размолотую руду смешивают с водой, получая суспензию, и придают целевому минералу гидрофобные свойства добавлением поверхностно-активного вещества или химического коллектора. Тип добавляемого химического вещества зависит от природы извлекаемого минерала, но чаще всего – от природы нецелевых минералов. Суспензию, включающую гидрофобные частицы и гидрофильные частицы, направляют в резервуары, называемые флотационными камерами, которые снабжены аэрационными устройствами для получения пузырьков. Гидрофобные частицы захватываются пузырьками воздуха, которые поднимаются на поверхность, образуя пену. Пену извлекают из камеры, получая концентрат целевого минерала. Пенную флотацию обычно проводят в несколько этапов для достижения максимальной степени извлечения целевого минерала или минералов и максимальной концентрации этих минералов в концентрате.

Количество пустой породы в руде возрастает. В минералах пустой породы возрастает количество Si-содержащих минералов. Большинство таких Si-содержащих минералов могут находиться в виде полевого шпата ( $KAlSi_3O_8 - NaAlSi_3O_8 - CaAl_2Si_2O_8$ ) и кварца ( $SiO_4/SiO_2$ ), которые представляют собой два наиболее распространенных минерала в континентальной коре Земли. Основная структура этих минералов обычно включает непрерывную решетку из тетраэдров, составленных атомами кремния и кислорода, обычно с включениями в структуру Fe, Al, Mn или Mg в виде примесей. Из-за наличия примесей структура, очень устойчивая во всех других отношениях, может быть неустойчивой по отношению к внешним условиям, таким как изменения pH. Соответственно, структура может распадаться на более мелкие части. Если это происходит во время выполнения способа, то силикаты могут сольбилизоваться или

образовывать коллоиды. При повышении pH Si-содержащие частицы могут реагировать с различными соединениями, образуя таким образом новые структуры. При восстановлении структуры силиката могут образовываться, например, ленточные структуры. Эти структуры могут вызывать повышение вязкости, приводя, таким образом, к возникновению проблем при обогащении/концентрировании.

Обычно пустую породу, извлекаемую при обогащении, направляют в хвостохранилище, где, как ожидается, в течение длительного времени пребывания, обычно в течение 20-40 суток, должен образоваться осадок, а также должны разложиться остаточные флотационные химические реагенты, и твердые вещества должны отделиться от собранной и подходящей для повторного использования производственной воды. Собранная производственная вода затем может быть подана рециклом обратно в процесс обогащения. Качество рециркулируемой производственной воды играет определенную роль в достижении требуемых степеней извлечения и качества конечного продукта.

В настоящее время нехватка воды, требования экологического контроля со стороны правовых органов и общественности, стоимость и требования к ограничению пространства, занимаемого при традиционной обработке производственной воды в способах обработки хвостов, предъявляют все большие требования к рециркуляции производственных вод, в результате чего основные способы обогащения проводят в системах, по меньшей мере частично замкнутых с точки зрения использования воды. В замкнутых системах иногда может происходить перенасыщение производственной воды силикатами. Было показано, что основная часть общего содержания Si присутствует в виде коллоидов, а не растворимых соединений.

Как было отмечено выше, гели и коллоиды, образуемые силикатами, могут вызывать различные проблемы, которые в конечном итоге могут приводить к потерям ценных металлов, а также к снижению степени извлечения и качества конечных продуктов. Проблемы могут возникать, например, из-за адсорбции коллоидов на поверхностях минералов, что препятствует адсорбции коллектора на поверхностях минералов. Адсорбция коллекторов коллоидами препятствует адсорбции коллекторов на поверхностях минералов, которая необходима для осуществления флотации, и, таким образом, ухудшает кинетику флотации. Кроме того, матрицей геля могут захватываться ценные металлы, что приводит к снижению степени извлечения металла. Кроме того, гели и коллоиды могут приводить к проблемам, связанным с загустением (неосаждающиеся коллоиды, их рециркуляция обратно в процесс флотации), или даже к проблемам при фильтровании концентрата (более высокое содержание влаги в осадке на фильтре из-за

образования водного геля). Известно, что силикаты образуют гидрофильные слои на поверхностях ценных минералов, что приводит к снижению флотационных свойств ценных минералов.

Кроме того, в водных растворах Si склонен образовывать комплексы с Fe. Образовавшиеся комплексы могут представлять собой мелкие коллоидные частицы. Мелкие коллоидные частицы, содержащие Si и Fe, создают избыточную нагрузку тонкодисперсными материалами, что может негативно влиять на протекание пенной флотации. Совместно Si и Fe могут образовывать покрытия/слои на поверхности руды, изменяя, таким образом, флотационные свойства руды и, в конечном итоге, снижая степень извлечения руды. Комплексы, содержащие Si и Fe, могут вызывать изменение окислительно-восстановительных свойств руды, что приводит к изменению способности руды к вспениванию. Например, пентландит (сульфид железа-никеля) может окисляться под действием комплексов, содержащих Si и Fe. Способность окисленного пентландита к вспениванию отличается от его способности к вспениванию в неокисленном состоянии, что может негативно влиять на степень извлечения руды.

Само железо (Fe) также может влиять на степень извлечения Ni при флотации. Избыток железа, содержащийся в производственной воде, может приводить к образованию покрытий на основе гидроксида Fe на пентландитовой руде, которую используют для извлечения Ni, что приводит к снижению степени извлечения Ni.

Количество растворимых и/или коллоидных соединений кремния в воде, используемой при переработке минерального сырья, может составлять более 100 частей на миллион, часто даже 300-400 частей на миллион. Растворимые соединения кремния также могут быть названы растворенными соединениями кремния. Существование растворимых и/или коллоидных соединений кремния в водных потоках предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, в целом, ранее не было установлено. Обычно при выполнении анализов воды образцы воды подвергали фильтрованию перед проведением элементного анализа. Поскольку размер пор типичных фильтров составляет 0,45 мкм, коллоидные соединения кремния отфильтровывались из образцов. Кроме того, рассмотренные выше проблемы, создаваемые растворимыми и/или коллоидными соединениями кремния при переработке минерального сырья, не были осознаны в полной мере.

Задачей настоящего изобретения является предоставление способа и установки для удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водных потоков предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, и, таким образом, предотвращения образования

гелей и коллоидов, содержащих соединения Si, а также предотвращения вызываемых ими проблем. Кроме того, поскольку водные потоки обычно включают Fe в комплексе с Si, способ также обеспечивает удаление по меньшей мере некоторого количества железа, содержащегося в водных потоках предприятия, перерабатывающего минеральное сырье.

В контексте настоящего изобретения соединениями Si называются соединения, содержащие кремний и находящиеся в веществах, связанных с переработкой минерального сырья. Соединения Si включают силикаты. Термин “силикат” может относиться к любому члену класса анионов, состоящих из кремния и кислорода, к любой соли, включающей такие анионы, или к любому сложному эфиру, включающему такие анионы. Термин “силикат” также включает анионы, которые включают непрерывный каркас из тетраэдров  $\text{SiO}_4$ , в структуру которого включены металлы, обычно Fe, Al, Mn или Mg, в виде примесей. Термин “силикат” также включает силикатные минералы, а также породы, включающие главным образом такие минералы. Силикаты также могут включать кварц ( $\text{SiO}_2$ ). Силикаты также включают минералы, в которых некоторые из атомов кремния замещены алюминием или другим четырехвалентным атомом (атомами), такие как алюмосиликаты.

В контексте настоящего изобретения коллоидная суспензия или коллоид представляет собой смесь, в которой вещество в виде диспергированных микроскопических нерастворимых или растворимых частиц суспендировано в другом веществе. Чтобы образовался коллоид, нерастворимые или растворимые частицы должны не осаждаться, или для заметного их осаждения должен требоваться очень длительный период времени. Таким образом, в настоящем документе термин “коллоидные соединения Si” относится к кремнийсодержащим соединениям, которые суспендированы в воде, образуя смесь, в которой нерастворимые или растворимые частицы не осаждаются, или для их осаждения требуется очень длительный период времени.

В контексте настоящего изобретения “удалением” растворимых и/или коллоидных соединений Si может называться способ полного устранения указанных соединений или способ снижения количества указанных соединений, т.е. количество соединений Si в водном потоке, направляемом на обработку, превышает количество указанных соединений в потоке, полученном после выполнения способа, описанного в настоящем документе.

В способе согласно одному из воплощений, который показан на Фиг. 1, коагулянт (коагулянты) и/или флокулянт (флокулянты) и/или флотационный химический реагент (реагенты) добавляют в водный поток 100 предприятия, перерабатывающего минеральное

сырье. Это приводит к дестабилизации коллоидных частиц и суспендированных твердых веществ, которые собираются в более крупные агрегаты, которые могут быть отделены от водного раствора. Получают обработанный водный поток 101.

Обработанный водный поток 101 подвергают перечистой флотации в установке 102 перечистой флотации. Перечистная флотация включает использование пузырьков газа, причем по меньшей мере 90% пузырьков газа имеют диаметр от 0,2 до 250 мкм. По меньшей мере некоторое количество растворимых и/или коллоидных соединений Si может быть отделено в виде верхнего продукта 103 перечистой флотации. Нижний продукт 104 перечистой флотации включает остаточную производственную воду. Верхний продукт 103 перечистой флотации, включающий по меньшей мере некоторое количество растворимых и/или коллоидных соединений Si, может быть удален в виде хвостов. Нижний продукт 104 перечистой флотации может быть подан рециклом обратно в способ для использования в качестве производственной воды.

Водный поток, из которого необходимо удалить растворимые и/или коллоидные соединения Si, может включать воду из оборудования 105 для обезвоживания. Оборудование 105 для обезвоживания может включать осадительное устройство или фильтр. Осадительное устройство может представлять собой, например, сгуститель или осветлитель. Обработываемый водный поток 100 может включать по меньшей мере часть потока, полученного из оборудования 105 для обезвоживания. В альтернативном варианте или в дополнение, водный поток 100 может включать шахтные воды или воду, собранную из хвостохранилища.

Согласно одному из воплощений, показанному на Фиг. 2, водный поток 200a, полученный из оборудования для обезвоживания, в данном случае из сгустителя 205a хвостов, поступает из флотационной установки 216, включающей контур 211 флотации минерального сырья, сконструированный для обработки частиц руды, суспендированных в суспензии 212, посредством флотации с целью извлечения руды.

Контур 211 флотации минерального сырья сконструирован для разделения суспензии 212 на нижний продукт 213 контура флотации минерального сырья и верхний продукт 214 контура флотации минерального сырья. Верхний продукт 214 контура флотации минерального сырья включает извлеченный материал.

Флотационная установка 216 может быть сконструирована для извлечения Ni и/или Cu. Как показано на Фиг. 3, флотационная установка 316 может включать первый контур 311a флотации минерального сырья, сконструированный для извлечения Cu, и второй контур 311b флотации минерального сырья, сконструированный для извлечения Ni.

Первый и второй контуры флотации минерального сырья могут иметь общие или отдельные контуры подачи воды.

Согласно одному из воплощений, оборудование для обезвоживания включает осадительное устройство, которое представляет собой сгуститель. Сгуститель сконструирован таким образом, что он функционирует как сепаратор твердого вещества и жидкости, чтобы отделять осадок, т.е. нижний продукт сгустителя, от надосадочной жидкости, т.е. верхнего продукта сгустителя. Нижний продукт сгустителя включает частицы, плотность которых превышает плотность жидкости, в результате чего они попадают в осадок.

Сгуститель может представлять собой так называемый сгуститель 405b концентрата, как показано на Фиг. 4. Верхний продукт 414 контура флотации минерального сырья может быть направлен в сгуститель 405b концентрата. В сгустителе 405b концентрата вода, абсорбированная частицами и тем самым повышающая плотность извлеченной руды, может быть удалена, что облегчает транспортировку концентрата и его дальнейшую обработку. В сгустителе 405b концентрата происходит обезвоживание верхнего продукта 414 контура флотации минерального сырья с образованием верхнего продукта 400b из сгустителя концентрата и нижнего продукта 425 из сгустителя концентрата. Нижний продукт 425 из сгустителя концентрата включает извлеченную руду, т.е. концентрат, который направляют из сгустителя 405b концентрата на дальнейшую обработку. Верхний продукт 400b из сгустителя концентрата может быть обработан способом, описанным в настоящем документе.

В альтернативном варианте сгуститель может представлять собой так называемый сгуститель 205a, 305a хвостов, как показано на Фиг. 2 и 3. Нижний продукт 213, 313b контура флотации минерального сырья может быть направлен в сгуститель 205a, 305a хвостов. В сгустителе 205a, 305a хвостов нижний продукт 213, 313b контура флотации минерального сырья подвергают обезвоживанию с образованием верхнего продукта 200a, 300a из сгустителя хвостов и нижнего продукта 215, 315 из сгустителя хвостов. Верхний продукт 200a, 300a из сгустителя хвостов может быть обработан способом, описанным в настоящем документе. Нижний продукт 215, 315 из сгустителя хвостов извлекают из сгустителя 205a, 305a хвостов. Нижний продукт 215, 315 из сгустителя хвостов обычно извлекают из сгустителя в виде хвостов (отходов). Содержание твердых веществ в нижнем продукте 215, 315 из сгустителя хвостов может составлять по меньшей мере 80% масс.

Согласно одному из воплощений, водный поток 100, 200a, 300a, 400b, из которого необходимо удалить растворимые и/или коллоидные соединения Si, включает верхний

продукт из сгустителя. Верхний продукт из сгустителя может быть получен из сгустителя 405b концентрата и/или из сгустителя 205a, 305a хвостов. Верхний продукт из сгустителя включает производственную воду и растворимые и/или коллоидные соединения Si. Верхний продукт из сгустителя может дополнительно включать Si-содержащие частицы, а также другие нежелательные, загрязняющие или неизвлеченные материалы или соединения, такие как мелкие частицы и более крупные частицы, антиколлекторы на основе крахмала, микроорганизмы и т.д., суспендированные и/или растворенные в производственной воде.

Перед обработкой способом перечистой флотации верхний продукт из сгустителя может быть направлен в резервуар для верхнего продукта из сгустителя для стабилизации верхнего продукта из сгустителя.

Коагулянт (коагулянты) и/или флокулянт (флокулянты) может быть добавлен в водный поток 100, 200a, 300a, 400b любым подходящим способом, при условии обеспечения должного смешивания коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флокулянтов) с водным потоком 100, 200a, 300a, 400b. Например, коагулянт (коагулянты) и/или флокулянт (флокулянты) может быть добавлен в смесительной установке.

Согласно одному из воплощений, перечистная флотация представляет собой флотацию растворенным воздухом (ФРВ). ФРВ представляет собой способ флотации, широко применяемый для осветления воды или отходящих потоков. Твердые частицы отделяют от жидкости с использованием мелких пузырьков флотационного газа, которые могут называться микропузырьками. Микропузырьки могут быть, например, образованы растворением воздуха или другого флотационного газа в жидкости под давлением. Пузырьки образуются при падении давления во время высвобождения дисперсии. Частицы твердого вещества прикрепляются к пузырькам и поднимаются на поверхность. Образованный плавучий шлам может быть удален с поверхности жидкости в виде верхнего продукта ФРВ с помощью шламосборников.

Результатом проведения описанного способа может стать снижение мутности водного потока на 50-99%. Мутностью называют помутнение или дымчатость текучей среды, вызываемые присутствием больших количеств отдельных частиц, которые обычно невидимы невооруженным глазом. Мутность обусловлена суспендированным твердым веществом, состоящим из очень мелких частиц, которые очень медленно осаждаются или не осаждаются совсем, или коллоидными частицами.

Согласно одному из воплощений, нижний продукт 104, 204, 304, 404 перечистой флотации или по меньшей мере его часть подают рециклом обратно в процесс флотации или в процесс, предшествующий флотации. Нижний продукт 104, 204, 304, 404 перечистой флотации или по меньшей мере его часть можно подать рециклом, например, через размалывание, во флотацию. На Фиг. 3 представлена установка, в которой нижний продукт 104, 204, 304, 404 перечистой флотации или по меньшей мере его часть подают рециклом обратно во флотационную установку 216, 316, 416 для применения во флотации минерального сырья. В том случае, когда воду для флотации или для процесса, предшествующего флотации, такого как размалывание, отбирают из области обработки хвостов, отобранная вода имеет низкий рН, поскольку рН хвостовой воды со временем снижается. Металлы, содержащиеся в хвостах, легче растворяются в воде с низким рН. Для проведения процесса флотации рН суспензии необходимо повысить, что вызывает осаждение ранее растворенных металлов. Однако осадки вызывают проблемы при флотации. Металлы и другие примеси, содержащиеся в использованной воде, также могут вызывать снижение качества поверхности минералов уже при размалывании. Таким образом, описанные выше проблемы могут быть устранены путем рециркуляции нижнего продукта перечистой флотации обратно во флотацию или даже в процесс, предшествующий флотации, такой как размалывание.

Коагулянт может быть выбран из группы, включающей: неорганические коагулянты, соли алюминия, соли железа, органические коагулянты. Предпочтительно коагулянт представляет собой соль алюминия или соль железа. Коагулянт подобран таким образом, чтобы он вызывал коагуляцию. Коагуляцией называется процесс дестабилизации коллоидных частиц и суспендированных твердых веществ, в результате которой они образуют “микрохлопья”, которые в подходящих условиях могут образовывать агломераты. Коагуляция представляет собой химический процесс, включающий нейтрализацию заряда. Коагуляция зависит от типа применяемого коагулянта, его дозировки и массы, рН и начальной мутности обрабатываемой воды, а также свойств присутствующих нежелательных веществ.

В коллоидной суспензии частицы осаждаются очень медленно или не осаждаются совсем из-за электрических зарядов, имеющих на поверхности коллоидных частиц, которые обеспечивают взаимное отталкивание частиц друг от друга. Поверхностный заряд можно оценить величиной дзета-потенциала (электрокинетического потенциала). Для инициирования коагуляции в воду добавляют коагулянт с противоположным зарядом, что позволяет снизить отталкивающий заряд и дестабилизировать суспензию. После

нейтрализации отталкивающих зарядов частицы под действием Ван-дер-Ваальсовых сил начинают агломерироваться и образуют хлопья.

Флоккулянт может представлять собой синтетический полимер или природный полимер или их производные. Флоккулянты представляют собой агенты, которые способствуют флокуляции, вызывая агрегацию коллоидов и других суспендированных в жидкостях частиц, приводящую к образованию хлопьев. Флокуляцией называется процесс, при котором дестабилизированные частицы объединяются в более крупные агрегаты, называемые хлопьями, которые могут быть отделены от воды осаждением или флотацией. Многие флокулянты включают поливалентные катионы, такие как алюминий, железо, кальций или магний. Эти положительно заряженные молекулы могут взаимодействовать с отрицательно заряженными частицами и молекулами, снижая барьеры, препятствующие агрегации. Некоторые флокулянты могут реагировать с водой, образуя нерастворимые гидроксиды, которые при осаждении соединяются друг с другом, образуя длинные цепочки или сетки, физически захватывающие мелкие частицы в более крупные хлопья. Природный полимер или его производное может включать, например, крахмал или модифицированный крахмал или полисахариды. Примеры синтетических полимеров включают, например, высокомолекулярные (с молекулярной массой более 500000) флокулянты, такие как полиакриламиды (отрицательно или положительно заряженные или нейтральные) или продукты реакции Манниха (положительно заряженные), и низкомолекулярные (с молекулярной массой менее 500000) флокулянты, такие как полиамины (положительно заряженные), полиэпиамин (сополимер диметиламина и эпихлоргидрина) (положительно заряженный), поли(диалилдиметилхлорид амония) (положительно заряженный), полиэтиленимины (положительно заряженные) или полиэтиленоксид (нейтральный).

Флотационный химический реагент (реагенты), который может быть добавлен в водный поток для улучшения образования хлопьев, включающих по меньшей мере некоторое количество соединений Si, чтобы получить обработанный водный поток, может включать по меньшей мере одно вещество, выбранное из группы, включающей: коллекторы, активаторы, антиколлекторы, вспениватели, модификаторы. Коллекторы могут включать поверхностно-активные органические реагенты, такие как тиолы, алкилкарбоксилаты, алкилсульфаты, алкилсульфонаты, алкилфосфаты, амины, хелатирующие агенты и алкилфосфоновые кислоты. Активаторы могут включать, например, гидроксопроизводные металлов или сульфид натрия. Антиколлекторы могут

включать, например, сульфид натрия или цианидные соли. Вспениватели могут включать, например, спирты, простые полиэфиры, этиленоксид и простые полигликолевые эфиры.

Согласно одному из воплощений, до проведения перечистой флотации обработанного водного потока 101, 201, 301, 401 величину рН водного потока 100, 200а, 300а, 400b доводят до значений, находящихся в диапазоне от 4,5 до 10. Величина рН водного потока может быть отрегулирована до добавления в водный поток коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флокулянтов) и/или флотационного химического реагента (реагентов). Таким образом, перед проведением перечистой флотации обработанного водного потока 101, 201, 301, 401 величина рН обработанного водного потока 101, 201, 301, 401 находится в диапазоне от 4,5 до 10.

Согласно одному из воплощений, в качестве коагулянта применяют соль железа. В этом случае, для повышения эффективности коагуляции, перед проведением перечистой флотации обработанного водного потока 101, 201, 301, 401 величина рН водного потока 100, 200а, 300а, 400b может быть отрегулирована в диапазоне от 5 до 8. Диапазон рН от 5 до 8 может быть предпочтительным, поскольку известно, что в указанном диапазоне рН происходит осаждение гидроксида железа. Величина рН водного потока может быть отрегулирована любым подходящим способом. Величина рН может быть отрегулирована, например, в смесительной установке. Применение соли железа в качестве коагулянта выгодно, поскольку водный поток уже содержит Fe, и, таким образом, для достижения желательной коагуляции могут потребоваться меньшие количества коагулянта. Кроме того, хлопья, получаемые при использовании соли железа в качестве коагулянта, могут обладать более высокой стойкостью в условиях перечистой флотации, что повышает эффективность перечистой флотации.

Результат проведения способа, описанного в настоящем документе, состоит в том, что обработанная производственная вода, т.е. жидкость, полученная из установки перечистой флотации, является чистой в том смысле, что она не содержит растворимых и/или коллоидных соединений Si, и обработанную производственную воду можно использовать повторно, и это не окажет негативного влияния на результат способа. В зависимости от состава обрабатываемого водного потока, показатель удаления Si может составлять от 55 до 90%.

Кроме того, поскольку водные потоки обычно включают Fe в комплексе с Si, способ также предоставляет возможность для удаления по меньшей мере некоторого количества железа, содержащегося в водных потоках предприятия, перерабатывающего минеральное сырье. Это позволяет избежать проблем, вызываемых комплексами,

содержащими Si и Fe, а также избытком самого железа. В зависимости от дозировки коагулянта и состава водного потока, способом, описанным в настоящем документе, может быть удалено приблизительно 60-90% железа, содержащегося в водных потоках.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока (100, 200a, 300a, 400b) предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, включающий:

- добавление коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флоккулянтов) и/или флотационного химического реагента (реагентов) в водный поток (100, 200a, 300a, 400b) для обеспечения образования хлопьев, включающих по меньшей мере некоторое количество соединений Si, и для получения обработанного водного потока (101, 201, 301, 401);

- проведение перечистой флотации обработанного водного потока (101, 201, 301, 401) для отделения по меньшей мере некоторого количества соединений Si в виде верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистой флотации; и

- удаление верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистой флотации;

где перечистная флотация включает использование пузырьков газа, причем по меньшей мере 90% пузырьков газа имеют диаметр, составляющий от 0,2 до 250 мкм.

2. Способ по п. 1, в котором водный поток (100, 200a, 300a, 400b) включает воду, полученную из оборудования (105) для обезвоживания.

3. Способ по п. 2, в котором оборудование (105) для обезвоживания включает осадительное устройство или фильтр.

4. Способ по п. 3, в котором осадительное устройство представляет собой сгуститель (205a, 305a, 405b).

5. Способ по любому из пп. 2-4, в котором водный поток (100, 200a, 300a, 400b) включает по меньшей мере часть потока, полученного из оборудования (105) для обезвоживания.

6. Способ по любому из пп. 2-5, в котором водный поток (100, 200a, 300a, 400b), полученный из оборудования (105) для обезвоживания, поступает из флотационной установки (216, 316, 416), включающей контур (211, 311a, 311b, 411) флотации

минерального сырья, сконструированный для обработки частиц руды, суспендированных в суспензии (212, 312, 412), посредством флотации с целью извлечения руды.

7. Способ по п. 6, в котором флотационная установка (216, 316, 416) сконструирована для извлечения Ni и/или Cu.

8. Способ по п. 6 или 7, в котором флотационная установка (216, 316, 416) включает первый контур (311a) флотации минерального сырья, сконструированный для извлечения Cu, и второй контур (311b) флотации минерального сырья, сконструированный для извлечения Ni.

9. Способ по любому из пп. 6-8, отличающийся тем, что способ дополнительно включает рециркуляцию по меньшей мере части нижнего продукта (104, 204, 304, 404) перемешиваемой флотации обратно в процесс флотации или в процесс, предшествующий флотации.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором коагулянт представляет собой соль алюминия.

11. Способ по любому из пп. 1-9, в котором коагулянт представляет собой соль железа.

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором перед проведением перемешиваемой флотации обработанного водного потока (101, 201, 301, 401) величину pH водного потока (100, 200a, 300a, 400b) устанавливают в диапазоне от 4,5 до 10.

13. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором водный поток (100, 200a, 300a, 400b) включает Fe в комплексе с Si, и способ включает удаление по меньшей мере некоторого количества Fe из водного потока (100, 200a, 300a, 400b).

14. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором перемешиваемая флотация представляет собой флотацию растворенным воздухом.

15. Установка для удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока (100, 200a, 300a, 400b) предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, включающая:

- смесительную систему, сконструированную для добавления в водный поток (100, 200a, 300a, 400b) коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флокулянтов) и/или флотационного химического реагента (реагентов); и

- установку (102, 202, 302, 402) перечистой флотации, сконструированную для отделения по меньшей мере некоторого количества соединений Si от водного потока (100, 200a, 300a, 400b) в виде верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистой флотации и для получения остаточной производственной воды в виде нижнего продукта (104, 204, 304, 404) перечистой флотации.

16. Установка по п. 15, дополнительно включающая оборудование (105) для обезвоживания.

17. Установка по п. 16, в которой оборудование (105) для обезвоживания включает осадительное устройство или фильтр.

18. Установка по п. 17, в которой осадительное устройство представляет собой сгуститель (205a, 305a, 405b).

19. Установка по любому из пп. 15-18, дополнительно включающая:

- флотационную установку (216, 316, 416), включающую контур (211, 311a, 311b, 411) флотации минерального сырья, сконструированный для обработки частиц руды, суспендированных в суспензии (212, 312, 412), посредством флотации с целью извлечения руды.

20. Установка по п. 19, в которой флотационная установка (216, 316, 416) сконструирована для извлечения Ni и/или Cu.

21. Установка по любому из пп. 15-20, в которой установка (102, 202, 302, 402) перечистой флотации представляет собой установку флотации растворенным воздухом.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

(измененная на международной стадии)

1. Способ удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока (100, 200a, 300a, 400b) предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, включающий:

- добавление коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флокулянтов) и/или флотационного химического реагента (реагентов) в водный поток (100, 200a, 300a, 400b) для обеспечения образования хлопьев, включающих по меньшей мере некоторое количество соединений Si, и для получения обработанного водного потока (101, 201, 301, 401);

- проведение перечистой флотации обработанного водного потока (101, 201, 301, 401) для отделения по меньшей мере некоторого количества соединений Si в виде верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистой флотации; и

- удаление верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистой флотации;

где перечистая флотация включает использование пузырьков газа, причем по меньшей мере 90% пузырьков газа имеют диаметр, составляющий от 0,2 до 250 мкм,

при этом водный поток (100, 200a, 300a, 400b) включает воду, полученную из оборудования (105) для обезвоживания, при этом водный поток (100, 200a, 300a, 400b), полученный из оборудования (105) для обезвоживания, поступает из флотационной установки (216, 316, 416), включающей контур (211, 311a, 311b, 411) флотации минерального сырья, сконструированный для обработки частиц руды, суспендированных в суспензии (212, 312, 412), посредством флотации с целью извлечения руды.

2. Способ по п. 1, в котором оборудование (105) для обезвоживания включает осадительное устройство или фильтр.

3. Способ по п. 2, в котором осадительное устройство представляет собой сгуститель (205a, 305a, 405b).

4. Способ по любому из пп. 1-3, в котором водный поток (100, 200a, 300a, 400b) включает по меньшей мере часть потока, полученного из оборудования (105) для обезвоживания.

5. Способ по любому из пп. 1-4, в котором флотационная установка (216, 316, 416) сконструирована для извлечения Ni и/или Cu.

6. Способ по любому из пп. 1-5, в котором флотационная установка (216, 316, 416) включает первый контур (311a) флотации минерального сырья, сконструированный для извлечения Cu, и второй контур (311b) флотации минерального сырья, сконструированный для извлечения Ni.

7. Способ по любому из пп. 1-6, отличающийся тем, что способ дополнительно включает рециркуляцию по меньшей мере части нижнего продукта (104, 204, 304, 404) перечистой флотации обратно в процесс флотации или в процесс, предшествующий флотации.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором коагулянт представляет собой соль алюминия.

9. Способ по любому из пп. 1-7, в котором коагулянт представляет собой соль железа.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором перед проведением перечистой флотации обработанного водного потока (101, 201, 301, 401) величину pH водного потока (100, 200a, 300a, 400b) устанавливают в диапазоне от 4,5 до 10.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором водный поток (100, 200a, 300a, 400b) включает Fe в комплексе с Si, и способ включает удаление по меньшей мере некоторого количества Fe из водного потока (100, 200a, 300a, 400b).

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором перечистая флотация представляет собой флотацию растворенным воздухом.

13. Установка для удаления растворимых и/или коллоидных соединений Si из водного потока (100, 200a, 300a, 400b) предприятия, перерабатывающего минеральное сырье, включающая:

- смесительную систему, сконструированную для добавления в водный поток (100, 200a, 300a, 400b) коагулянта (коагулянтов) и/или флокулянта (флокулянтов) и/или флотационного химического реагента (реагентов); и

- установку (102, 202, 302, 402) перечистной флотации, сконструированную для отделения по меньшей мере некоторого количества соединений Si от водного потока (100, 200a, 300a, 400b) в виде верхнего продукта (103, 203, 303, 403) перечистной флотации и для получения остаточной производственной воды в виде нижнего продукта (104, 204, 304, 404) перечистной флотации,

при этом установка дополнительно включает оборудование (105) для обезвоживания и

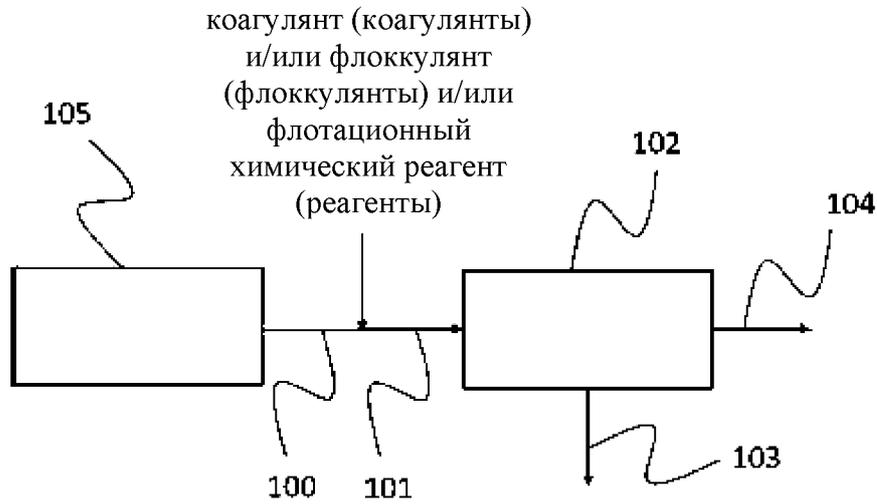
- флотационную установку (216, 316, 416), включающую контур (211, 311a, 311b, 411) флотации минерального сырья, сконструированный для обработки частиц руды, суспендированных в суспензии (212, 312, 412), посредством флотации с целью извлечения руды.

14. Установка по п. 13, в которой оборудование (105) для обезвоживания включает осадительное устройство или фильтр.

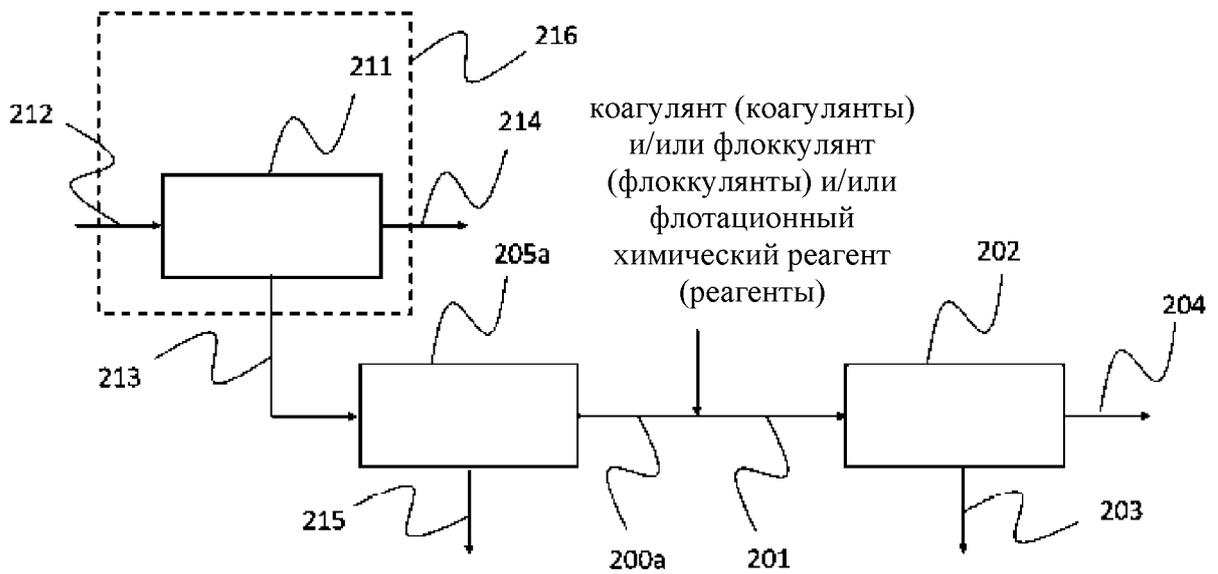
15. Установка по п. 14, в которой осадительное устройство представляет собой сгуститель (205a, 305a, 405b).

16. Установка по любому из пп. 13-15, в которой флотационная установка (216, 316, 416) сконструирована для извлечения Ni и/или Cu.

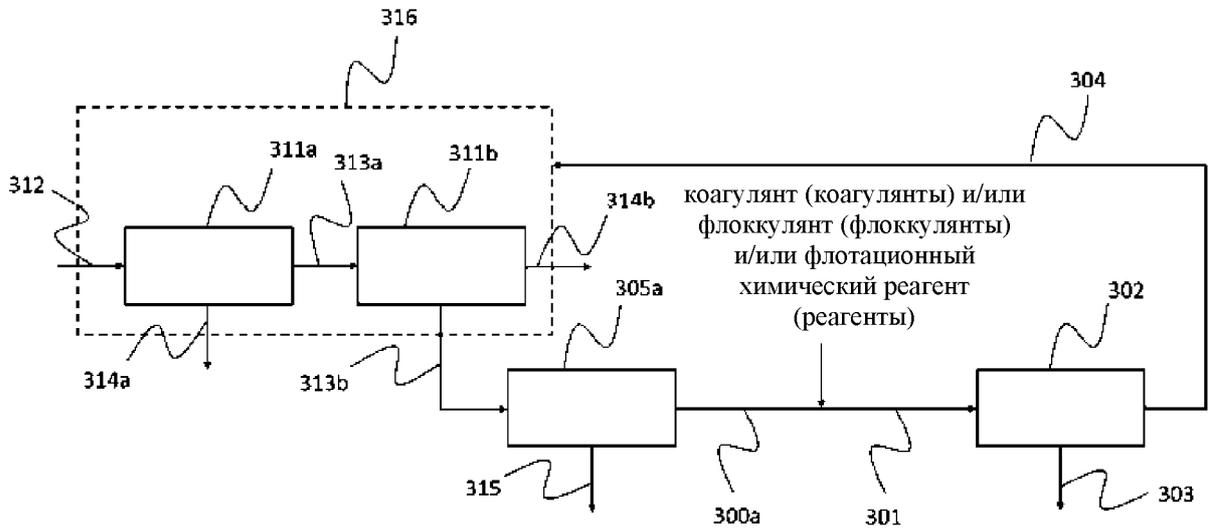
17. Установка по любому из пп. 13-16, в которой установка (102, 202, 302, 402) перечистной флотации представляет собой установку флотации растворенным воздухом.



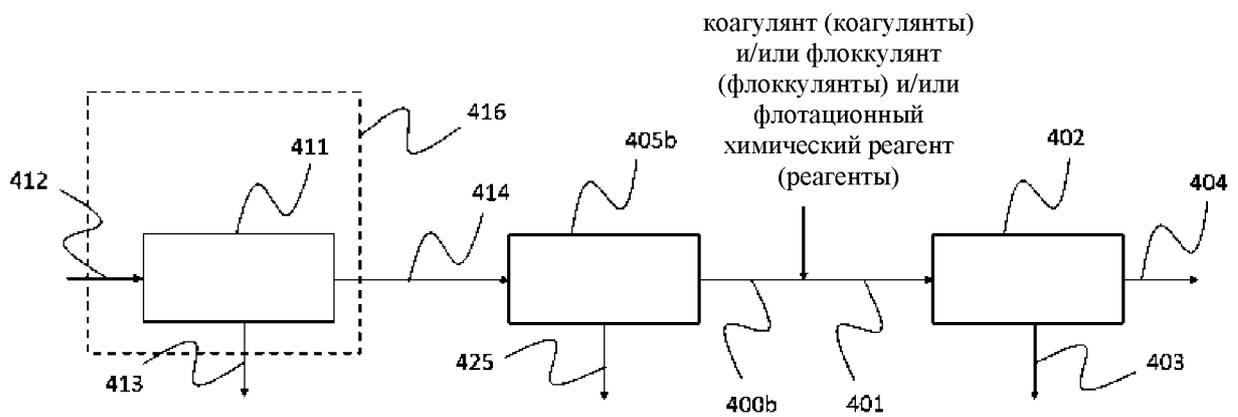
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4