

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041062**(13) **B1**

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.09.06**

(21) Номер заявки  
**202190021**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.06.05**

(51) Int. Cl. **B03D 1/008** (2006.01)  
**B03D 1/01** (2006.01)  
**B03D 1/004** (2006.01)

### (54) ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИОЛОВ ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОСОБА ОБРАТНОЙ ПЕННОЙ ФЛОТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

(31) **18178421.6**

(32) **2018.06.19**

(33) **EP**

(43) **2021.03.16**

(86) **PCT/EP2019/064701**

(87) **WO 2019/243058 2019.12.26**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**КЛАРИАНТ ИНТЕРНЭШНЛ ЛТД**  
**(CH)**

(72) Изобретатель:  
**Круль Маттиас (DE), Да Сильва**  
**Вагнер Клаудиу, Родес Валдилене,**  
**Бикалью Леандру (BR)**

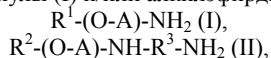
(74) Представитель:  
**Фелицына С.Б. (RU)**

(56) **US-A-5540336**  
**US-A1-2014144290**  
**US-A-4319987**

**L.O. FILIPPOV ET AL.:** "The use of collectors mixture in the reverse cationic flotation of magnetite ore: The role of Fe-bearing silicates", MINERALS ENGINEERING, vol. 23, no. 2, 1 January 2010 (2010-01-01), pages 91-98, XP055525499, GB, ISSN: 0892-6875, DOI:10.1016/j.mineng.2009.10.007, cited in the application paragraph [02.2]; figure 6

**PAPINI R.M. ET AL.:** "Cationic flotation of iron ores: amine characterization and performance", MINERALS AND METALLURGICAL PROCESSING, SOCIETY FOR MINING, METALLURGY AND EXPLORATION, US, vol. 18, no. 1, 1 January 2001 (2001-01-01), pages 5-9, XP009090087, ISSN: 0747-9182, table 1

(57) Изобретение относится к применению водорастворимого многоатомного спирта, содержащего две или три гидроксильные группы, для усовершенствования функционирования композиции коллектора для обратной флотации железной руды, из силикатсодержащего минерала, содержащего железо, которая включает в себя по меньшей мере один алкилэфирамин формулы (I) и/или алкилэфирдиамин формулы (II)



где  $R^1$  представляет собой углеводородную группу с 6-24 атомами углерода;  $R^2$  представляет собой углеводородную группу с 6-24 атомами углерода;  $R^3$  представляет собой алифатическую углеводородную группу с 2-4 атомами углерода; А представляет собой алкиленовую группу с 2-6 атомами углерода, причем улучшение функционирования коллектора означает: (i) увеличение степени извлечения железной руды в присутствии водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильных группы, по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует; (ii) увеличение селективности удаления силиката, которое означает, что композиция коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, обеспечивает более высокую долю удерживаемого железа и более высокую долю удаляемого силиката по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует; (iii) что количество удерживаемого железа и количество удаляемого силиката в присутствии водорастворимого многоатомного спирта остаются практически неизменными, когда температура, при которой осуществляют применение, падает ниже 10°C по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует, в этом случае количество удерживаемого железа и удаленного силиката становится гораздо меньше; (iv) что пена, образовавшаяся под действием композиции коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, является менее объемной, и после отделения из флотационной камеры пена оседает быстрее по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует. Способ улучшения функционирования композиции коллектора для обогащения железной руды включает добавление к вышеуказанной композиции коллектора водорастворимого многоатомного спирта, содержащего две или три гидроксильные группы.

**B1****041062****041062****B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к применению полиолов для усовершенствования способа обогащения железной руды из силикатсодержащего минерала, содержащего железо, путем осуществления процесса обратной флотации руды с использованием смеси алкилэфирамина и/или алкилэфирдиамина с полиолом в качестве коллектора. Указанный способ обеспечивает благоприятные характеристики вспенивания, причем процесс осуществляется при низких температурах.

### Уровень техники

Удаление  $\text{SiO}_2$  из различных руд с помощью пенной флотации в присутствии гидрофобных аминов является хорошо известным способом. Отрицательно заряженный силикат может быть гидрофобизирован с использованием подходящих амфифильных аминов, которые присоединяются к поверхности силиката. Введение воздуха во флотационную камеру, содержащую водную суспензию обработанной руды, приводит к образованию газовых пузырьков. Эти гидрофобные газовые пузырьки собирают частицы гидрофобизированного силиката и транспортируют их наверх флотационной камеры. Наверху флотационной камеры силикатные частицы собираются в пену. В конечном счёте, пена удаляется с поверхности, и обогащенный минерал остается на дне флотационной камеры.

Железная руда часто содержит значительное количество силикатов, например, таких как кварц, который может присутствовать в диапазоне приблизительно от 20 до 45 мас.%. Однако наличие повышенного содержания силикатов оказывает отрицательное воздействие на качество железной руды, например, в процессе восстановления в доменной печи. Поэтому содержание диоксида кремния в концентратах железной руды является ограничивающим фактором применимости концентрата; обычно оно не должно превышать 3% для процесса производства стали из окатышей железной руды, в процессах прямого восстановления (DRI-окатыши), а также в процессах плавки в дуговой электропечи. Более того, с разработкой способа электролиза железа для производства стали с ультранизкими выбросами диоксида углерода (программа EU ULCOS), предъявляются более жесткие требования к качеству концентратов железной руды по показателям низкого содержания  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (требуется содержание оксида железа более 98 мас.%).

Поэтому с целью обеспечения промышленного применения существенно, чтобы содержание силиката в исходной железной руде было значительно снижено. Однако из-за истощения мировых запасов высококачественных руд качество руды постоянно снижается. При повышенном содержании  $\text{SiO}_2$  в рудах селективное обогащение железа относительно селективного удаления силиката является более трудной задачей, чем с рудами более высокого качества в прошлом. В настоящее время считается, что пенная флотация является наиболее эффективным способом при переработке минералов с целью извлечения ценных минералов из пустой породы.

Обычно процесс удаления силикатов из железной руды представляет собой обратную пенную флотацию, в которой силикаты обогащаются в пене (хвосты) и покидают устройство с пеной, а железо в конце концов собирается в донной фракции (концентрат). На практике, при обратной пенной флотации обычно сталкиваются с одним из двух недостатков: или донная фракция железной руды содержит небольшое количество  $\text{SiO}_2$ , что, в свою очередь, приводит к низкому извлечению железа; или железо извлекается с высокой степенью, что, в свою очередь, оставляет повышенное содержание  $\text{SiO}_2$  в руде. В уровне техники были предложены различные решения для того, чтобы одновременно увеличить извлечение железа и снизить содержание  $\text{SiO}_2$ .

В катионном методе для обратной флотации железной руды, минерал пустой породы, главным образом кварц, подвергается флотации с помощью алкилэфираминов ( $\text{R}-(\text{OCH}_2)_3\text{-NH}_2$ , где R представляет собой остаток жирного алкила) обычно частично нейтрализованных уксусной кислотой, в качестве коллектора. Степень нейтрализации является важным параметром, поскольку повышенная степень нейтрализации повышает растворимость коллектора, но ухудшает характеристики флотации. Для некоторых типов железной руды характеристики флотации улучшаются с использованием алкилэфир-диаминов ( $\text{R}-(\text{OCH}_2)_3\text{-NH}-(\text{CH}_2)_3\text{-NH}_2$ , где R представляет собой остаток жирного алкила), необязательно в комбинации с алкилэфирмоноаминами. Обычно железную руду одновременно подавляют с помощью немодифицированных крахмалов.

Патент США № 3363758 относится к процессу пенной флотации для отделения диоксида кремния от руды с использованием кислотных солей первичных алифатических эфираминов и алифатических эфирдиаминов, в которых алифатический радикал имеет от 1-13 атомов углерода.

В патенте Канады № 1100239 описаны водные эмульсии алкилэфираминов и алкилэфирдиаминов в качестве собирающих реагентов для использования в процессе пенной флотации для выделения или концентрирования минералов из руды.

В патенте США № 4319987 описано применение первичных разветвлённых алифатических алкилэфирмоноаминов и их частичных кислотных солей для удаления силикатов из железной руды. Предпочтительно, метил-разветвлённые алкильные остатки содержат 8-10 атомов углерода.

В патенте США № 6076682 описано комбинированное применение алкилэфирмоноамина с алкилэфирдиамином при флотации силикатов из железной руды. В предпочтительных алкильных эфирмоноаминах алкильный остаток содержит от 8 до 12 атомов углерода, и в предпочтительных алкилэфирдиами-

нах алкильный остаток содержит от 8 до 14 атомов углерода.

В документе WO 2012/139985 описан способ обогащения железных минералов из силикат-содержащей железной руды путем обратной флотации с использованием коллектора, содержащего эфирамины и/или эфирдиамины с алифатическими группами  $\text{изо-C}_{13}\text{H}_{27}$  со средней степенью разветвления в диапазоне от 1,5 до 3,5.

В то же время в различных исследованиях показано, что добавление неионных поверхностно-активных веществ, как, например, жирных спиртов, может улучшить катионную флотацию силикатов, поскольку при этом повышается селективность флотации и извлечение силикатов по сравнению с индивидуальными компонентами, а также значительно снижается потребление катионного коллектора.

В работе Filippov и др. (Minerals Engineering 23 (2010) 91-98) описано, что добавление жирного спирта (например, тридеканола) может увеличить флотационное извлечение кварца. Аналогично, флотация железосодержащих силикатов, например паргасита, также поддерживается, даже в присутствии крахмала.

В работе Liu (Int. J. Electrochem. Sci., 10 (2015) 10188 - 10198) описано, что флотационное извлечение чистого кварца, при пенной флотации с использованием N-додецилэтилендиамина в качестве катионного коллектора, улучшается в присутствии спиртов, включая этандиол и глицерин. Однако для моноспиртов с более длинной цепочкой получают наиболее перспективные результаты. Эти спирты могут частично заменить диамин.

В документе США № 2014/0144290 предложены композиции коллектора и способы их получения и применения. Коллектор может включать один или несколько эфираминов и один или несколько амидоаминов. Для получения обработанной смеси можно провести контактирование жидкой суспензии или взвеси, содержащих частицы одного или нескольких типов. Продукт может быть извлечен из обработанной смеси, которая включает в себя очищенную жидкость, имеющую пониженную концентрацию частиц по сравнению с обработанной смесью, очищенный дисперсный продукт, имеющий пониженную концентрацию жидкости по сравнению с обработанной смесью, или и то, и другое. Коллектор может содержать полиол в качестве добавки, понижающей точку замерзания.

В патенте США № 5540336 предложена флотация железной руды с использованием смесей, содержащих по меньшей мере один эфирамин формулы (I)



в которой  $\text{R}^1$  представляет собой алифатическую углеводородную группу с линейной или разветвленной цепью, имеющей от 6 до 22 атомов углерода и 0, 1, 2 или 3 двойных связей;

$n$  и  $m$  независимо друг от друга означают число 1, 2 или 3;

$x$  означает 0 или число 1, 2 или 3; и

$y$  представляет собой 2 или 3, и

по меньшей мере один другой анионный и/или неионный совместный коллектор, который является анионным или неионным поверхностно-активным веществом.

В патенте США № 4319987 рекомендуется использовать первичные алифатические эфирамины в качестве коллекторов диоксида кремния при концентрировании минералов с помощью процесса пенной флотации. Более конкретно, использование смесей первичных метилразветвленных алифатических эфираминов и их частично нейтрализованных солей в качестве флотационных реагентов. В дополнительном аспекте, рекомендуется использование смесей 3-изооктилосипропилмоноамина и 3-изодецилосипропилмоноамина и/или их частично нейтрализованных ацетатных солей в качестве коллекторов для диоксида кремния при обогащении окисленных таконитовых руд.

Следовательно, существуют доступные способы и процессы для обогащения железной руды от пустой породы, содержащей  $\text{SiO}_2$  и для производства железной руды с малым содержанием  $\text{SiO}_2$ , подходящей для процесса производства стали. Однако существуют другие аспекты, которые ограничивают эффективность известных процессов флотации: часть железной руды имеет очень малый размер частиц, которые удерживаются на плаву с пеной; известные в настоящее время коллекторы не обладают достаточной селективностью и, по меньшей мере, частично флотируют с пеной определенные модификации железной руды, как например, гематит; смешанные частицы с высоким содержанием железа, но с малым содержанием кварца удаляются с пеной. Более того, характеристики коллекторов согласно уровню техники часто ухудшаются при низкой температуре, например, в более холодных регионах и/или в зимний сезон.

Поскольку степень извлечения железа имеет главное экономическое значение для эксплуатации установки, существует потребность в средстве флотации и способе обогащения сырьевой железной руды, которые позволили бы усовершенствовать степень извлечения ценной железной руды, без увеличения содержания силиката в извлеченном концентрате железной руды. Поскольку на горнодобывающем предприятии часто параллельно перерабатываются различные типы железной руды, такое устройство флотации должно работать с разнообразными видами железной руды, которые встречаются при повседневной эксплуатации. Такой способ, а также используемый в нем коллектор, должен быть применим даже при низкой температуре, как это случается, например, в зимний сезон.

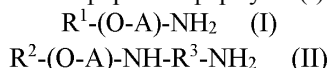
Более того, при обратной флотации железной руды требуется значительный объем хранилища для

сбора пены, пока она не осядет с высвобождением минерала пустой породы для дальнейшей переработки или выброса. Хотя пена требуется для эффективной флотации, она должна быть, по возможности, более плотной и должна оседать как можно быстрее после ее отделения из флотационной камеры. В противном случае могут возникнуть такие проблемы, как кавитация в насосе, потеря эффективности в концентраторе, присутствие пены в хвостовом отвале и другие проблемы окружающей среды. Следовательно, существует дополнительная потребность в средстве для флотации, которое образует более эффективную, но менее объемную пену, которая оседает быстрее, чем пена, образовавшаяся с помощью добавок согласно уровню техники, после выполнения ее функции. Для указанного средства флотации потребовался бы меньший объем хранилища для сбора пены и/или была бы обеспечена повышенная производительность при заданной емкости хранилища.

Неожиданно было обнаружено, что использование композиции коллектора, содержащей алкилэфирамин и/или алкилэфирдиамин и водорастворимый многоатомный спирт, обуславливает более высокую степень извлечения железной руды во время обратной флотации железной руды, чем использование только алкилэфирамина и/или алкилэфирдиамина. Способ флотации, в котором используется алкилэфирамин и/или алкилэфирдиамин, как часть коллектора, считается процессом катионной флотации. Одновременно содержание  $\text{SiO}_2$  в извлеченном концентрате железной руды остается, по меньшей мере, практически неизменно на низком уровне, и часто оно дополнительно снижается. Это особенно неожиданно, поскольку сами водорастворимые многоатомные спирты не обладают свойствами коллектора. Обычно часть алкилэфир(ди)амина может быть замещена многоатомным спиртом. Следовательно, суммарная степень дозирования композиции коллектора обычно может поддерживаться постоянной, и часто она даже может быть снижена, по сравнению с использованием только одного алкилэфир(ди)амина. Кроме того, пена, образовавшаяся с помощью композиции коллектора согласно изобретению, является менее объемной, что позволяет снизить объем хранилища и/или обеспечивает повышенную производительность для данного устройства.

Дополнительно было обнаружено, что характеристики процесса катионной флотации в присутствии алкилэфир(ди)амина и водорастворимого многоатомного спирта остаются практически неизменными, когда температура воды падает ниже  $10^\circ\text{C}$ , и часто также до  $5^\circ\text{C}$  или даже ниже, в то время как при использовании только алкилэфир(ди)амина характеристики процесса существенно ухудшаются. Это является большим технологическим преимуществом, поскольку многие рудные месторождения расположены в областях с холодной зимой, например на Североамериканском континенте, в штатах Мичиган, Миннесота и в Канаде.

В первом аспекте изобретения разработано применение водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильные группы для улучшения характеристик коллектора в композиции коллектора для обратной флотации железной руды, из силикатсодержащего минерала, содержащего железо, содержащей по меньшей мере один алкилэфирамин формулы (I) и/или алкилэфирдиамин формулы (II)



где  $\text{R}^1$  представляет собой углеводородную группу с 6-24 атомами углерода,

$\text{R}^2$  представляет собой углеводородную группу с 6-24 атомами углерода,

$\text{R}^3$  представляет собой алифатическую углеводородную группу с 2-4 атомами углерода,

A представляет собой алкиленовую группу с 2-6 атомами углерода,

причем улучшение функционирования коллектора означает:

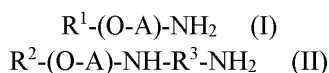
(i) увеличение степени извлечения железной руды в присутствии водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильных группы, по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(ii) увеличение селективности удаления силиката, которое означает, что композиция коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, обеспечивает более высокую долю удерживаемого железа и более высокую долю удаляемого силиката по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(iii) что количество удерживаемого железа и количество удаляемого силиката в присутствии водорастворимого многоатомного спирта остаются практически неизменными, когда температура, при которой осуществляют применение, падает ниже  $10^\circ\text{C}$  по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует, в этом случае количество удерживаемого железа и удаленного силиката становится гораздо меньше;

(iv) что пена, образовавшаяся под действием композиции коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, является менее объемной, и после отделения из флотационной камеры пена оседает быстрее по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует.

Во втором аспекте изобретения предложен способ улучшения характеристик коллектора в композиции коллектора для обогащения железной руды путем обратной флотации силикатсодержащего минерала, содержащего железо, причем композиция коллектора включает в себя по меньшей мере один алкилэфирамин формулы (I) и/или алкилэфирдиамин формулы (II)



где  $R^1$  представляет собой углеводородную группу с 6-24 атомами углерода,  
 $R^2$  представляет собой углеводородную группу с 6-24 атомами углерода,  
 $R^3$  представляет собой алифатическую углеводородную группу с 2-4 атомами углерода,  
 А представляет собой алкиленовую группу с 2-6 атомами углерода,

причем способ включает добавление в композицию коллектора по меньшей мере одного водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильные группы, и причем улучшение функционирования коллектора означает:

(i) увеличение степени извлечения железной руды в присутствии водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильных группы, по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(ii) увеличение селективности удаления силиката, которое означает, что композиция коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, обеспечивает более высокую долю удерживаемого железа и более высокую долю удаляемого силиката по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(iii) что количество удерживаемого железа и количество удаляемого силиката в присутствии водорастворимого многоатомного спирта остаются практически неизменными, когда температура, при которой осуществляют применение, падает ниже  $10^\circ\text{C}$  по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует, в этом случае количество удерживаемого железа и удаленного силиката становится гораздо меньше;

(iv) что пена, образовавшаяся под действием композиции коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, является менее объемной, и после отделения из флотационной камеры пена оседает быстрее по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует.

В контексте данной заявки термин "степень извлечения" означает отношение содержания извлеченного железа в концентрате, полученном в процессе флотации, к общей массе железа в исходной сырьевой руде. Содержание железа в сырьевой железной руде составляет приблизительно от 20 до приблизительно 55 мас.%. Следует понимать, что концентрат железной руды имеет содержание железа по меньшей мере 64 мас.%.

В контексте данной заявки, выражения "улучшение характеристик коллектора" и "усовершенствование функционирования коллектора" предпочтительно означают:

(i) увеличение степени извлечения железной руды в присутствии водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильных группы, по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(ii) увеличение селективности удаления силиката, которое означает, что композиция коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, обеспечивает более высокую долю удерживаемого железа и более высокую долю удаляемого силиката, по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(iii) что количество удерживаемого железа и количество удаляемого силиката в процессе флотации, согласно второму аспекту изобретения, в присутствии водорастворимого многоатомного спирта, остаются практически неизменными, когда температура, при которой осуществляется указанный процесс, падает ниже  $10^\circ\text{C}$ , предпочтительно ниже  $5^\circ\text{C}$  или даже ниже  $5^\circ\text{C}$  по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует, в этом случае количество удерживаемого железа и удаленного силиката становится гораздо меньше;

(iv) что пена, образовавшаяся под действием композиции коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, является менее объемной, и после отделения из флотационной камеры пена оседает быстрее по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует.

Предпочтительно допускают, что происходит улучшение характеристик коллектора и усовершенствование функционирования коллектора, если выполняется одно или несколько из условий (i)-(iv).

В последующем, эфирамин и/или эфирдиамин могут именоваться как компонент А, а водорастворимый многоатомный спирт с двумя или тремя ОН группами может называться компонентом В.

Алкилэфирамин и алкилэфир-диамин (компонент А).

В контексте данной заявки термин "алкилэфир(ди)амин" включает в себя алкилэфирамины формулы (I), а также алкилэфирдиамины формулы (II) как индивидуально, так и их смеси. В смесях, содержащих (I) и (II), алкильные остатки  $R^1$  и  $R^2$  могут быть одинаковыми или различными.

В предпочтительном варианте осуществления углеводородные остатки  $R^1$  и/или  $R^2$  алкилэфир(ди)амина имеют независимо друг от друга от 7 до 18 и более предпочтительно от 8 до 15 атомов углерода, как, например, от 6 до 18 атомов углерода, или от 6 до 15 атомов углерода, или от 7 до 24 атомов углерода, или 7 до 15 атомов углерода, или 8 до 24 атомов углерода, или 8 до 18 атомов углерода.

Предпочтительно  $R^1$  и/или  $R^2$  представляют собой алифатические углеводородные остатки. Более

предпочтительно,  $R^1$  и/или  $R^2$  означает линейный или разветвлённый углеводородный остаток.

В ещё одном предпочтительном варианте осуществления  $R^1$  и/или  $R^2$  являются насыщенными или по меньшей мере по существу насыщенными. Термин по существу насыщенный означает, что йодное число эфир(ди)амина составляет меньше 20 г  $I_2/100$  г, например, ниже 10 г  $I_2/100$  г. В особенно предпочтительном варианте осуществления  $R^1$  и/или  $R^2$  является насыщенным алифатическим углеводородным радикалом.

$R^3$  может быть линейным или разветвлённым, когда содержит 3 или более атомов углерода. В предпочтительном варианте осуществления  $R^3$  представляет собой  $-C_2H_4-$  или  $-C_3H_6-$  группу, и особенно предпочтительно является линейной  $C_3H_6$  группой формулы  $-CH_2-CH_2-CH_2-$ .

Группа А может быть линейной или разветвлённой, когда содержит 3 или более атомов углерода. В предпочтительном варианте осуществления А является алифатической алкиленовой группой, содержащей от 2 до 4 атомов углерода и особенно предпочтительно А включает в себя три атома углерода. Особенно предпочтительно, чтобы А являлась линейной  $C_3H_6$  группой формулы  $-CH_2-CH_2-CH_2-$ .

Аналогично подходящими и часто предпочтительными являются соли алкилэфираминов (I) и/или алкилэфирдиаминов (II), которые могут быть получены путем нейтрализации алкилэфир(ди)амина органической и/или неорганической кислотой. Кислотным соединением может быть любая подходящая кислота, например кислота, анион которой выбирают из группы, состоящей из карбоксилата, сульфата, сульфоната, хлорида, бромида, йодида, фторида, нитрата и фосфата. Предпочтительно кислота представляет собой карбоновую кислоту, в частности алифатическую карбоновую кислоту, имеющую между одним и шестью атомами углерода или олефиново-ненасыщенную карбоновую кислоту, имеющую между тремя и шестью атомами углерода. Более предпочтительно, карбоновая кислота представляет собой алифатическую карбоновую кислоту, имеющую между одним и тремя атомами углерода, как, например, муравьиная кислота, уксусная кислота и/или пропионовая кислота. Уксусная кислота является наиболее предпочтительной.

Кислотное соединение может быть добавлено к алкилэфираминовому соединению формулы (I) и/или алкилэфирдиаминовому соединению формулы (II) в молярном эквиваленте. Однако часто оказывается выгодным добавление меньше эквимольного количества кислотного соединения, которое будет вызывать частичное протонирование, и поэтому приведет к образованию смеси непротонированного алкилэфир(ди)амина формулы (I) и/или (II) и соответствующего протонированного алкилэфир(ди)амина. В некоторых случаях также оказывается выгодным добавление больше эквимольного количества кислотного соединения, образующегося при стехиометрическом избытке кислотного соединения. Обычно молярное соотношение кислотного соединения к алкилэфирамину может находиться между 1,0:25,0 и 1,5:1,0, предпочтительно между 1,0:10,0 и 1,0:1,0 и особенно между 1,0:5,0 и от 1,0 до 1,2, как, например, между 1,0:25,0 и 1,0:1,0, или между 1,0:25,0 и 1,0 до 1,2, или между 1,0:10,0 и 1,5:1,0, или между 1,0:10,0 и от 1,0 до 1,2, или между 1,0:5,0 и 1,5:1,0.

Способы синтеза алкилэфираминов (I) и алкилэфирдиаминов (II) хорошо известны. Алкилэфирамины (I) могут быть получены путем взаимодействия спирта  $R^1-OH$  (где  $R^1$  имеет такое же значение, которое приведено выше для алкилэфир(ди)аминов) с этиленово ненасыщенным нитрилом, имеющим между 3 и 6 атомов углерода, с образованием алкилэфирнитрила и последующим восстановлением нитрила. Подходящие этиленово ненасыщенные нитрилы включают акрилонитрил, метакрилонитрил, этакрилонитрил, 2-н-пропилакрилонитрил и 2-изо-пропилакрилонитрил. В предпочтительном варианте осуществления этиленово ненасыщенный нитрил содержит три атома углерода, как, например, акрилонитрил. Предпочтительно взаимодействие проводят в присутствии основания и полярного растворителя. Типичным основанием может быть алкоксид щелочного металла, предпочтительно этоксид или метоксид щелочного металла, особенно метоксид натрия. Этиленово ненасыщенный нитрил может быть добавлен в эквимольном количестве относительно спирта, но предпочтительно его добавляют в стехиометрическом избытке для того, чтобы обеспечить взаимодействие всего спирта. Часто молярное соотношение акрилонитрила к спирту может быть выше 1:1 и вплоть до 10:1, предпочтительно от 1,5:1 - 5:1, более желательно между 1:1 и 2:1. Впоследствии избыток этиленово ненасыщенного нитрила предпочтительно удаляют.

Спирт  $R^1-OH$ , использованный для получения алкилэфирамина (I), может быть любым линейным жирным спиртом или разветвлённым спиртом, имеющим между 6 и 24 атомов углерода. Предпочтительно спирт имеет от 7 до 18 и более предпочтительно от 8 до 15 атомов углерода, как, например, от 6 до 18 атомов углерода, или от 6 до 15 атомов углерода, или от 7 до 24 атомов углерода, или от 7 до 15 атомов углерода, или от 8 до 24 атомов углерода, или от 8 до 18 атомов углерода. В предпочтительном варианте осуществления спирт  $R^1-OH$  представляет собой первичный спирт. Алкильная цепочка спирта  $R^1-OH$  может быть линейной или разветвлённой. В предпочтительном варианте осуществления алкильная цепочка является разветвлённой по причине сниженной тенденции к кристаллизации. Алкильная цепочка может быть насыщенной или ненасыщенной. Предпочтительно алкильная цепочка является насыщенной или по меньшей мере по существу насыщенной. Выражение "по существу насыщенной" означает, что йодное число спирта  $R^1-OH$  составляет меньше 20 г  $I_2/100$  г спирта, как, например, ниже 10 г  $I_2/100$  г спирта. Йодное число можно определить согласно методу Wijs (DIN 53241). Предпочтительно спирты

включают природные и синтетические спирты.

Примерами предпочтительных линейных жирных спиртов  $R^1$ -ОН являются октанол, нонанол, деканол, ундеканол, додеканол, тридеканол, тетрадеканол, гексадеканол, октадеканол и их смеси. Они могут иметь природное или синтетическое происхождение. Особенно предпочтительными являются смеси спиртов на основе природных жиров и масел, как, например, кокосовый жирный спирт, пальмовый жирный спирт, жирный спирт косточкового пальмового масла, соевый жирный спирт, жирный спирт рапсового масла и жирный спирт технического жира. В промышленном масштабе линейные спирты можно получить от фирм Cognis, Sasol или Shell.

Предпочтительно разветвлённые спирты могут быть получены соответственно на основе димеризации, тримеризации, тетрамеризации продуктов олигомеризации низших олефинов с 2-6 и особенно с 3 или 4 атомами углерода, которые превращены в спирты, например, путем гидролиза или гидроформилирования. Спирты, полученные путем реакции Гербета, включая альдольную конденсацию спирта с альдегидом в присутствии катализатора и последующее гидрирование образовавшегося альдоля, также являются подходящими.

Особенно предпочтительные спирты  $R^1$ -ОН получают путем каталитической димеризации, тримеризации, тетрамеризации, соответственно пропена, 1-бутена, 2-бутена, изобутена или их смесей. В зависимости от типа низшего олефина (олефинов), применяемого для получения спирта  $R^1$ -ОН, может изменяться разветвлённость углеводородной группы  $R^1$ . Предпочтительные алкильные остатки, происходящие из преимущественно линейного сырья 1-бутена, могут иметь низкую среднюю степень разветвления в диапазоне от 2,0 до 2,5. Степень разветвления определяется как число метальных групп в одной молекуле  $R^1$ -ОН минус 1, где средняя степень разветвления представляет собой статистически среднюю степень разветвления молекул образца. Среднее число метальных групп в молекулах образца можно легко определить методом  $^1\text{H}$ -ЯМР-спектроскопии. Для этого площадь сигнала, соответствующего метальным протонам в  $^1\text{H}$ -ЯМР-спектре образца, делят на 3 и затем делят на площадь сигнала от метиленовых протонов  $-\text{CH}_2-\text{OH}$  групп, разделенную на 2. Предпочтительные спирты  $R^1$ -ОН, произведенные из пропена, 2-бутена и/или изобутена, имеют величины степени разветвления выше 2,5 и часто выше 3,0, например между 3,0 и 4,5. Особенности разветвления в группе  $R^1$  приводят к различным поверхностно-активным свойствам, воздействию на окружающую среду, токсичности и способности к биологическому разложению. Разветвлённые спирты  $R^1$ -ОН могут быть получены в промышленном масштабе на фирмах BASF, ExxonMobil, Shell или Evonik Industries.

Особое предпочтение отдается таким спиртам  $R^1$ -ОН, как 2-этилгексанол и различным изомерам изонананола, изодекананола и изотридекананола. Особенно предпочтительными являются смеси различных изомеров изонананола, изодекананола и/или изотридекананола.

Методики синтеза алкилэфираминов (I) хорошо известны. Например, на первой стадии указанный выше спирт  $R^1$ -ОН взаимодействует с этиленово ненасыщенным нитрилом, содержащим от 3 до 6 атомов углерода, с образованием алкилэфир-нитрила, который впоследствии восстанавливают до соответствующего алкилэфирамина (I). Предпочтительные этиленово ненасыщенные нитрилы включают акрилонитрил, метакрилонитрил, этакрилонитрил, 2-н-пропилакрилонитрил и 2-изопропилакрилонитрил. Особенно предпочтительным является акрилонитрил. Взаимодействие указанного выше спирта  $R^1$ -ОН с этиленово ненасыщенным нитрилом может протекать при температуре между 10 и 60°C и в течение времени по меньшей мере от 10 мин и вплоть до 24 ч. Предпочтительно образующийся алкилэфирнитрил должен иметь чистоту по меньшей мере 90 мас.% и более предпочтительно по меньшей мере 95 мас.%. Вторая стадия реакции может быть осуществлена по любой традиционной методике восстановления нитрилов до аминов, например, путем взаимодействия с водородом в присутствии кобальта Ренея.

В альтернативном способе получения алкилэфирамина (I) указанный выше спирт  $R^1$ -ОН взаимодействует с  $\text{C}_2-\text{C}_6$  алкиленоксидом с образованием соответствующего алкилэфирспирта, который в последующем аминируют. На первой стадии реакции спирт  $R^1$ -ОН (где группа  $R^1$  имеет такое же значение, которое указано выше для алкилэфир(ди)аминов) взаимодействует с молярным эквивалентом алкиленоксида в присутствии основания, например в присутствии гидроксида натрия, гидроксида калия, амина, типа имидазола или третичного амина. Это взаимодействие также могут ускорять биметаллические катализаторы. Предпочтительными алкиленоксидами являются этиленоксид, пропиленоксид, 1,2-бутиленоксид, 2,3-бутиленоксид, 1,2-пентенексид и/или 1,2-гексенексид. Особенно предпочтительными алкиленоксидами являются этиленоксид и пропиленоксид. На второй стадии реакции гидроксильная группа алкилэфирспирта, образовавшегося на первой стадии, превращается в соответствующий амин путем восстановительного аминирования. Это может быть осуществлено, например, под действием водорода в присутствии подходящего катализатора. Превращение спиртовой группы в первичную аминогруппу обычно протекает на 85%, но часто даже выше.

Предпочтительно образующийся алкилэфирамин (I) имеет чистоту по меньшей мере 85%, более предпочтительно по меньшей мере 88% и особенно 90% или выше. Примерами особенно предпочтительных алкилэфираминов (I) являются (3-изонанилокси)пропиламин, (3-декилокси)пропиламин, (3-изоундекилокси)пропиламин, (3-изотридекилокси)пропиламин и (3-додекилокси-тетрадекилокси)пропиламин.

Методики синтеза алкилэфирдиаминов (II) хорошо известны. Например, алкилэфирдиамин формулы (II) может быть синтезирован путем взаимодействия с молярным эквивалентом этиленово ненасыщенного нитрила, содержащего 3 или 4 атома углерода, и последующим восстановлением образовавшегося промежуточного соединения алкилэфираминоалкилнитрила. Предпочтительными этиленово ненасыщенными нитрилами являются акрилонитрил и метакрилонитрил. Особенно предпочтительным этиленово ненасыщенным нитрилом является акрилонитрил. Восстановление алкилэфираминоалкилнитрила может быть осуществлено по любой известной методике восстановления нитрилов в амины, например, путем гидрирования в присутствии подходящего катализатора. В альтернативном способе получения алкилэфирдиаминов (II) соответствующий алкилэфирамин (I) может взаимодействовать с эквимольным количеством  $C_2-C_6$  алкиленоксида таким же образом, как описано выше для алкилэфираминов (I), для того чтобы получить соответствующий алкилэфираминоспирт, который впоследствии превращается в алкилэфирдиамин (II), например, под действием восстановительного аминирования. Предпочтительными алкиленоксидами для указанного варианта синтеза являются этиленоксид и пропиленоксид.

Предпочтительно образующийся алкилэфирдиамин (II) имеет чистоту по меньшей мере 50%, более предпочтительно по меньшей мере 60% и особенно 75 мас.% или выше. Примерами особенно предпочтительных алкилэфирдиаминов (II) являются N-[3-(изононилокси)пропил]-1,3-пропандиамин, N-[3-(декилокси)пропил]-1,3-пропандиамин, N-[3-(изоундекилокси)пропил]-1,3-пропандиамин, N-3-(изотридекилокси)пропил]-1,3-пропандиамин и N-[3-(додэкилокси-/тетрадекилокси)пропил]-1,3-пропандиамин.

Согласно настоящему изобретению или алкилэфирамины формулы (I), или алкилэфирдиамины формулы (II), в комбинации с водорастворимым многоатомным спиртом (B) обеспечивают улучшенные результаты, повышая степень извлечения железной руды в способе согласно второму аспекту изобретения, а также при применении согласно третьему аспекту изобретения. Однако, когда в способе согласно второму аспекту изобретения, а также при применении согласно третьему аспекту изобретения используются комбинации обоих соединений (I) и (II), часто обнаруживается более высокая селективность при удалении силиката по сравнению только с одним алкилэфирамином (I) или только с одним алкилэфирдиамином (II) в комбинации с водорастворимым многоатомным спиртом. Таким образом, в предпочтительном варианте осуществления изобретения композиция коллектора содержит смесь алкилэфирамина (I) с алкилэфирдиамином (II). Предпочтительно указанная смесь содержит компоненты (I) и (II) в соотношении между 1:100 и 100:1 и более предпочтительно в соотношении между 1:50 и 50:1, например в соотношении между 1:100 и 50:1 или в соотношении между 50:1 и 100:1.

Хотя алкилэфирамины (I) и/или алкилэфирдиамины (II) применяют в виде свободных аминов, они могут быть частично или полностью нейтрализованы для непосредственного диспергирования в воде. Степень, до которой может быть нейтрализован эфир(ди)амин, такова, что диспергируемость в воде является достаточной для обеспечения адекватного диспергирования во флотационных смесях, остающихся в жидком состоянии. Предпочтительно степень нейтрализации находится в диапазоне от 0 до 100 мол.% и предпочтительно в диапазоне от 5 до 50 мол.%. Подходящие кислоты для нейтрализации представляют собой органические, а также неорганические кислоты. Предпочтительные кислоты имеют моно- или многовалентные анионы, как, например, двухвалентные. Примерами подходящих неорганических кислот являются фтористоводородная кислота, хлористоводородная кислота, бромистоводородная кислота, серная кислота, фосфорная кислота, азотная кислота, борная кислота и перхлорная кислота. Примерами подходящих органических кислот являются уксусная кислота, пропионовая кислота, салициловая кислота, щавелевая кислота, акриловая кислота и янтарная кислота. Наиболее предпочтительной кислотой является уксусная кислота.

Водорастворимый многоатомный спирт (компонент B).

Водорастворимый многоатомный спирт (B) содержит 2 или 3 гидроксильные группы. В предпочтительном варианте осуществления водорастворимый многоатомный спирт имеет две или три гидроксильные группы и от 2 до 20 атомов углерода. Более предпочтительно водорастворимый многоатомный спирт имеет две или три гидроксильные группы и от 3 до 12 атомов углерода, наиболее предпочтительно от 3 до 6 атомов углерода и особенно предпочтительно от 3 до 5 атомов углерода, например от 2 до 12 атомов углерода, или от 2 до 6 атомов углерода, или 2 до 5 атомов углерода, или 3 до 20 атомов углерода, или 3 до 12 атомов углерода. Особенно предпочтительными являются алифатические водорастворимые многоатомные спирты.

Примерами предпочтительных водорастворимых многоатомных спиртов (B) являются этиленгликоль, пропиленгликоль, бутиленгликоль, пентандиол, неопентилгликоль, гександиол, глицерин, диэтиленгликоль и триэтиленгликоль. Предпочтительно, чтобы число гидроксильных групп в многоатомном спирте было меньше или самое большее равно числу атомов углерода. Наиболее предпочтительными полиолами являются этиленгликоль и глицерин.

Многоатомный спирт может быть аналитически чистым. Предпочтительным сортом является товарный сорт. Обычно достаточная степень чистоты составляет по меньшей мере 80 мас.%.

Композиции коллектора.

В предпочтительном варианте осуществления композиция коллектора, согласно изобретению, содержит от 50 до 99 мас.% алкилэфир(ди)амина (A) и от 1-50 мас.% водорастворимого многоатомного



спирта В). Более предпочтительно композиция коллектора содержит между 55 и 95 мас.%, особенно между 60 и 90 мас.% и особенно предпочтительно между 70 и 85 мас.% алкилэфир(ди)амин(а) А), например между 50 и 95 мас.%, или между 50 и 90 мас.%, или между 55 и 99 мас.%, или между 55 и 90 мас.%, или между 60 и 99 мас.%, или между 60 и 90 мас.% алкилэфир(ди)амин(а) А). Содержание водорастворимого многоатомного спирта в композиции коллектора предпочтительно находится между 5 и 45 мас.% и особенно между 10 и 40 мас.%, например между 1 и 45 мас.%, или между 1 и 40 мас.%, или между 5 и 50 мас.%, или между 5 и 40 мас.%, или между 10 и 50 мас.%, или между 10 и 45 мас.%. В особенно предпочтительном варианте осуществления содержание алкилэфир(ди)амин(а) А) и водорастворимого многоатомного спирта В) доходит до 100%.

Необязательно композиция коллектора, согласно изобретению, может содержать дополнительные компоненты, такие как удлинители цепи, вспенивающие реагенты и/или депрессорные присадки, которые могут привести к дополнительному усовершенствованию процесса флотации и особенно селективности процесса.

Предпочтительно, удлинители цепи являются соединениями с малой полярностью и соответственно с низкой растворимостью в воде, такие как, например, минеральные или растительные масла, керосин, дизельное топливо, нефтяные масла, парафиновые масла, рапсовое масло, подсолнечное масло, соевое масло или животный жир. Установлено, что присутствие удлинителя цепи является особенно выгодным при флотации крупных минеральных частиц, имеющих размер, например, 150 мкм или даже больше.

Предпочтительными депрессорными присадками являются гидрофильные полимеры, которые повышают селективность процесса флотации путем взаимодействия с железной рудой, обеспечивая повышенную гидрофильность поверхности железной руды. Примерами предпочтительных депрессорных присадок являются природные и модифицированные крахмалы, например кукурузный крахмал, маниоковый крахмал, картофельный крахмал, пшеничный крахмал, рисовый крахмал, марантовый крахмал.

Часто добавление вспенивающего реагента оказывается выгодным с целью создания и/или модифицирования свойств пены. Предпочтительными вспенивающими реагентами являются хвойное масло, эвкалиптовое масло, крезилловая кислота, 2-этилгексан-1-ол и 4-метил-2-пентанол.

Альтернативно или дополнительно в суспензию могут быть отдельно добавлены указанные дополнительные добавки, являющиеся частью композиции коллектора, например во флотационную камеру.

Кроме того, композиции коллектора могут содержать растворитель. Предпочтительными растворителями являются вода и линейные или разветвленные одноатомные спирты, имеющие от 1-14 атомов углерода, например метанол, этанол, пропанол, бутанол, пентанол, гексанол, гептанол, октанол, 2-этилгексанол, нонанол, деканол, ундеканол, додеканол, тридеканол и тетрадеканол. Особенно предпочтительными являются вода и смеси воды с метанолом, этанолом и/или пропанолом. Предпочтительно массовое соотношение между композицией коллектора и растворителем находится в диапазоне от 1:19 до 19:1 и более предпочтительно в диапазоне от 1:9 и 9:1 и особенно в диапазоне от 1:4 и 4:1, например в диапазоне от 1:19 до 1:9; или в диапазоне от 1:19 до 1:4; или в диапазоне от 1:9 до 1:19; или в диапазоне от 1:9 до 4:1; или в диапазоне от 1:4 до 1:19; или в диапазоне от 1:4 до 1:9.

Композицию коллектора можно получать путем простого смешивания компонентов в заданном соотношении. Последовательность добавления компонентов в оборудование для смешивания не имеет значения.

В первом предпочтительном варианте осуществления смешивание осуществляется периодически, например, в автоклаве, резервуаре или емкости, предпочтительно при перемешивании.

Во втором предпочтительном варианте осуществления смешивание осуществляется в непрерывном режиме, например путем заданного дозирования компонентов в трубопровод смешивания, необязательно оборудованный статическим смесителем или динамическим смесителем. Статические смесители представляют собой устройства, расположенные в трубопроводе со стационарными внутренними элементами, которые осуществляют перемешивание потоков жидких продуктов с использованием энергии потока. Установлено, что эффективными статическими смесителями являются, например, устройства Multiflux, Sulzer, PMR, McHugh, Komax and Honeycomb, X, Ross-ISG и спиралеобразные смесители. Предпочтительными динамическими смесителями являются роторно-статорные диспергаторы, которые также называют смесителями с высоким сдвигом. Установлено, что эффективными динамическими смесителями являются диспергаторы с зубчатым диском (например, Ultra-Turrax®) и гомогенизаторы высокого давления (Microfluidizer®). Кроме того, подходящая степень сдвига может быть достигнута с помощью ультразвука или устройства кавитации Cavitron.

Способ обогащения и его применение.

В способе обогащения железной руды согласно второму аспекту изобретения пустую породу, преимущественно содержащую силикат, отделяют от сырьевой железной руды с помощью обратной катионной флотации, чтобы получить концентрат железной руды. Этот способ включает в себя стадии приведения в контакт водной суспензии мелко измельченной сырьевой железной руды с композицией коллектора согласно первому аспекту изобретения, содержащей алкилэфир(ди)амин(а) (компонент А) и водорастворимый многоатомный спирт (компонент В), вспенивания полученной таким образом композиции,

отделение силикатсодержащей пены и извлечение обогащенной железной руды. После завершения флотации получают обогащенную силикатом пену (хвосты) и донную фракцию, обогащенную железом и обедненную силикатом (концентрат).

До процесса флотации железную руду обычно измельчают, предпочтительно вместе с водой, до желательного размера частиц. В предпочтительном варианте осуществления сырьевая железная руда имеет размер частиц между 5 и 200 мкм, более предпочтительно между 10 и 150 мкм, например между 5 и 150 мкм или между 10 и 200 мкм. Собирающая композиция согласно изобретению оказалась особенно выгодной для обратной катионной флотации руды, имеющей значение P80 меньше или равное до 150 мкм, целесообразно меньше или равное до 100 мкм, например меньше или равное до 50 мкм. В виде водной суспензии измельченная железная руда может быть освобождена от шлама, например, путем фильтрации, оседания и/или центрифугирования, в случае необходимости. Затем мелко измельченную железную руду объединяют с водой или подходящей водной жидкостью и смешивают с использованием механического устройства перемешивания с целью получения однородной взвеси, называемой "суспензия". Вода, используемая для получения суспензии, может быть водопроводной водой, поверхностной водой, грунтовой водой и/или оборотной технологической водой.

В способе, согласно изобретению, может быть использовано традиционное оборудование процесса обратной флотации. Способ может быть осуществлен в любых традиционных механических флотационных камерах или цилиндрических ячейках. Хотя возможно проведение процесса в механических флотационных камерах, особенно для руд, имеющих высокое содержание дисперсных частиц, например P80 или меньше чем 50 мкм, доказано, что применение цилиндрических флотационных камер является целесообразным. Размер частиц можно определить путем влажного просеивания по стандарту ASTM E276-13, в котором используются сита с различными отверстиями. Показатель P80 представляет собой диаметр отверстий, через которые проходят 80 процентов частиц, в то время как показатель D50 представляет собой диаметр частиц, для которых 50 мас.% от массы образца меньше и 50 мас.% от массы образца больше, чем этот диаметр образца.

Способ обогащения может быть осуществлен в одной или нескольких последовательных флотационных камерах. Композицию коллектора добавляют в суспензию, предпочтительно во флотационную камеру. Для кондиционирования диспергированной железной руды требуется соответствующий период времени кондиционирования суспензии, например по меньшей мере 1 мин, а иногда не менее чем 10 или 15 мин. После периода кондиционирования на дно флотационной камеры вводят воздух и образовавшиеся при этом воздушные пузырьки поднимаются на поверхность, и таким образом, на поверхности образуется пена. Введение воздуха может продолжаться до тех пор, пока образуется пена, что может продолжаться по меньшей мере в течение 1 мин и не менее чем 15 или 20 мин. Пена собирается и удаляется из флотационной камеры. В предпочтительном варианте осуществления обработку остаточной взвеси повторяют аналогичным образом по меньшей мере один раз. Часто достаточно повторить обработку остаточной взвеси один раз. В некоторых случаях было обнаружено, что целесообразно повторять обработку более часто, например между 3 и 10 и особенно между 4 и 6 раз.

Композицию коллектора согласно изобретению предпочтительно добавляют в суспензию в количестве от 1-1000 г/на руду, более предпочтительно в количестве от 10 до 500 г/на руду и особенно предпочтительно в количестве от 20 до 100 г/на руду, присутствующую в суспензии, например в количестве от 1-500 г/на руду, или в количестве от 1-100 г/на руду, или в количестве от 10 до 1000 г/на руду, или в количестве от 10 до 100 г/на руду, или в количестве от 20 до 1000 г/на руду, или в количестве от 20 до 500 г/на руду, присутствующую в суспензии.

Композиция коллектора может быть использована для флотационной суспензии как таковая или в виде раствора, т.е. в виде эмульсии. Предпочтительным растворителем, т.е. соответствующей дисперсионной средой является вода, хотя также может быть использована смесь воды со спиртом, как описано выше. Наличие водорастворимого многоатомного спирта В) в значительной степени улучшает растворимость алкилэфираминов формулы (I) и алкилэфирдиаминов формулы (II) в воде и в водной суспензии. Однако в некоторых случаях растворимость композиции коллектора в воде и/или ее дисперсность в суспензии остается неудовлетворительной без специальных приемов, таких как нагревание и/или интенсивное перемешивание и, следовательно, стабильность таких суспензий остается неудовлетворительной. Предпочтительным способом дополнительного облегчения растворения и, таким образом, дальнейшего ускорения процесса флотации является приготовление водной смеси композиции коллектора согласно изобретению и частичная нейтрализация азотных групп алкилэфир (ди)аминов, например, по меньшей мере на 20%, кислотой, как описано выше, например низшей органической кислотой. Предпочтительными кислотами являются монокислоты, имеющие 1-3 атомов углерода, такие как муравьиная кислота, уксусная кислота и пропионовая кислота, и неорганические кислоты, такие как хлористоводородная кислота. Особенно предпочтительной является уксусная кислота. Полная нейтрализация является необязательной, поскольку высокое содержание солей может вызвать осаждение. Поэтому в водной смеси алкилэфираминовые соединения целесообразно присутствуют в частично нейтрализованной форме. Например, нейтрализуются, от 20 до 70 мол.%, предпочтительно от 25 до 50 мол.% аминных групп.

Предпочтительно процесс обратной флотации проводится при значении pH в диапазоне между 7,0 и

12,0, например между 7,5 и 11,0 и особенно между 8,0 и 10,5. Это обеспечивает минералам наиболее подходящий заряд поверхности. Наиболее подходящее значение pH в некоторой степени зависит от вида минерала, подлежащего флотации: в то время как зачастую оказывается, что pH 8 является наиболее эффективным значением при обратной флотации магнетита, часто оказывается, что значение pH 10 является выгодным при обратной флотации гематита. Значение pH устанавливают, например, путем добавления гидроксида натрия.

В предпочтительном варианте осуществления в суспензию железной руды добавляют депрессорную присадку с целью устранения выброса минерала железной руды вместе с пеной. Эту депрессорную присадку можно добавлять непосредственно в суспензию или как часть композиции коллектора. Подходящие и предпочтительные депрессорные присадки для железной руды включают гидрофильные полисахариды, например простые эфиры целлюлозы, такие как метилцеллюлоза, гидроксиэтил-целлюлоза, этилгидроксиэтилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза и сульфометил-целлюлоза; гидрофильные смолы, такие как каррагенан, Р-глюкан, гуаровая смола, ксантановая смолы, гуммиарабик, смола карайи, смола трагаканта и смола гхатти, альгинаты; и производные крахмала, такие как карбоксиметилкрахмал и фосфат крахмала. Особенно предпочтительными гидрофильными полисахаридами являются желатинизированные крахмалы. Так как крахмалы обладают только ограниченной растворимостью в холодной воде, их растворимость необходимо улучшать, например, в процессе, известном как желатинизация. Желатинизация крахмала может быть осуществлена путем термической желатинизации или щелочной желатинизации. Предпочтительными крахмалами для способа, согласно изобретению, являются кукурузный крахмал и пшеничный крахмал, активированные путем обработки щелочью.

Если депрессорную присадку используют, то ее предпочтительно добавляют в суспензию в количестве приблизительно от 10 до приблизительно 2500 г на тонну руды и более предпочтительно в количестве от 100 до 1000 г/на руду, например между 10 и 1000 г/на руду или между 100 и 2500 г/на руду. Предпочтительно суспензию кондиционируют в присутствии депрессорной присадки по меньшей мере в течение одной минуты и вплоть до не более 10 или 15 мин, например в течение 5 мин до добавления композиции коллектора, содержащей алкилэфир(ди)амин (компонент А) и водорастворимый многоатомный спирт (компонент В).

Кроме того, в объем изобретения включены дополнительные добавки в флотационную систему, такие как реагенты, регулирующие pH, модификаторы, диспергирующие агенты и/или совместные коллекторы. Они могут выполнять функцию улучшения дисперсности, селективности и/или флокуляции. В предпочтительном варианте осуществления суспензия содержит по меньшей мере одну дополнительную добавку, выбранную из pH-регуляторов, модификаторов, диспергирующих агентов и/или совместных коллекторов.

Если желательно, то до пенной флотации при удобном случае можно добавлять средство, регулирующее пену. Примеры традиционных регуляторов пены включают метилизобутилкарбинол и спирты, содержащие между 6 и 12 атомами углерода, такие как этилгексанол, и необязательно алкоксилированные этиленоксид и/или пропиленоксид.

Композиции коллектора, способ обогащения железной руды и применение композиции, согласно изобретению, являются особенно выгодными для обогащения магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и гётита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Изобретение является особенно подходящим для обогащения гематита и магнетита. Более того, изобретение является особенно выгодным для переработки железных руд, например, гематита, имеющего высокое содержание силикатов, например по меньшей мере 20% от массы железной руды, часто по меньшей мере 30%, и даже по меньшей мере 40% или больше, например до 60%, или 70%, или больше. Этот способ является особенно подходящим для сырьевой железной руды, содержащей от 3 до 50 мас.% диоксида кремния и от 10 до 65 мас.% железа, относительно массы руды.

Композиции коллектора, согласно изобретению, обеспечивают отличные результаты флотации для разнообразных видов железной руды. Особенно успешно обрабатывали вариации различных типов железной руды, повседневно возникающие при добыче полезных ископаемых. Путем замещения части алкилэфирамина и/или алкилэфирдиамина в композиции коллектора, соответствующей уровню техники, водорастворимым многоатомным спиртом, повышается степень извлечения при постоянной стоимости переработки одной тонны минерала; в некоторых случаях степень введения обрабатываемой добавки даже может быть снижена. Указанное также справедливо при осуществлении изобретения при низких температурах.

При использовании композиций согласно изобретению в качестве коллекторов в процессе обратной флотации достигается повышенная селективность удаления силикатов по сравнению с промышленно доступными или другими известными алкилэфирами или другими известными коллекторами. Фактически, коллекторы настоящего изобретения обеспечивают увеличение доли удерживаемого железа и более высокую долю удаляемого силиката. Кроме того, пена, образующаяся под действием композиции коллектора согласно изобретению, является менее объемной, и после выделения из флотационной камеры она разрушается гораздо быстрее, что позволяет снизить объем хранилища и/или повысить производительность.

### Примеры

Приведенные проценты относятся к процентам по массе, если не указано другое.

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| применяемые материалы<br>Эфир(ди)амины<br>А | A1) (3-изононилокси)пропиламин                                                                                                                                                                                                                        |
|                                             | A2) N-[3-(изононилокси)пропил]-1,3-пропандиамин<br>("Изононилэфирдиамин")                                                                                                                                                                             |
|                                             | A3) (3-изотридецилокси)пропиламин<br>("Изотридецилэфирамин")                                                                                                                                                                                          |
|                                             | A4) N-[3-(изотридецилокси)пропил]-1,3-пропандиамин<br>("Изотридецилэфирдиамин")                                                                                                                                                                       |
|                                             | A5) N-додецил/тетрадецил этилендиамин на основе кокосового жирного спирта (для сравнения)                                                                                                                                                             |
| Многоатомный спирт В                        | B1) Этиленгликоль                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                             | B2) Пропиленгликоль                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                             | B3) Глицерин                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                             | B4) 2-Этилгексанол (для сравнения)                                                                                                                                                                                                                    |
|                                             | B5) 1-Гексанол (для сравнения)                                                                                                                                                                                                                        |
|                                             | B6) Смесь жирных спиртов, содержащая в качестве основных компонентов 68 масс.% жирных спиртов C <sub>12</sub> и 23 масс.% жирных спиртов C <sub>14</sub> -, которые алкоксилированы двумя молями этиленоксида и 4 моль пропиленоксида (для сравнения) |

Различные композиции коллекторов получают из компонентов от A1-A5 и от B1-B5, которые приведены в табл. 1, путем смешивания компонентов в заданных массовых соотношениях при 20°C.

Таблица 1. Композиции и характеристики композиций коллекторов

| Композиции           | А       | В      |
|----------------------|---------|--------|
| CC1                  | 80% A1  | 20% B3 |
| CC2                  | 70% A1  | 30% B3 |
| CC3                  | 90% A1  | 10% B3 |
| CC4                  | 95% A1  | 5% B3  |
| CC5                  | 80% A1  | 20% B1 |
| CC6                  | 80% A1  | 20% B2 |
| CC7                  | 80% A2  | 20% B3 |
| CC8                  | 80% A3  | 20% B3 |
| CC9                  | 80% A4  | 20% B3 |
| CC10 (для сравнения) | 80% A5  | 20% B3 |
| CC11 (для сравнения) | 100% A1 | —      |
| CC12 (для сравнения) | 100% A2 | —      |
| CC13 (для сравнения) | 100% A3 | —      |
| CC14 (для сравнения) | 100% A4 | —      |
| CC15 (для сравнения) | 100% A5 | —      |
| CC16 (для сравнения) | 80% A1  | 20% B4 |
| CC17 (для сравнения) | 80% A1  | 20% B5 |
| CC18 (для сравнения) | 80% A1  | 20% B6 |

"для сравнения" означает сравнительные эксперименты, не соответствующие изобретению.

Композиции коллекторов согласно табл. 1 испытывали в процессе обратной флотации железной руды. Используемые в этом исследовании образцы железной руды охарактеризованы методами химического анализа и определением размера частиц; и результаты приведены в табл. 2 (в последующем также называется сырьевой железной рудой).

Содержание SiO<sub>2</sub> в рудах определяют гравиметрическим методом. Руду разлагают под действием кислоты (HCl), что приводит к растворению оксидов и гидроксидов металлов, причем в остатке остается нерастворимый SiO<sub>2</sub>.

Содержание железа в рудах определяют путем титрования, при этом образец разлагают под действием кислоты (HCl), трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного железа за счет добавления хлорида олова (SnCl<sub>2</sub>) и хлорида ртути (HgCl), и содержание железа определяют путем титрования с бихроматом калия (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>).

Размер частиц определяют путем влажного просеивания по стандарту ASTM E276-13, в котором используются сита с различными отверстиями. Результаты этого анализа приведены ниже в табл. 2. Показатель P80 представляет собой диаметр отверстий, через которые проходят 80% частиц; показатель D50 представляет собой диаметр частиц, для которых 50 мас.% от массы образца меньше и 50 мас.% от массы образца больше, чем этот диаметр образца; %38 мкм означает процент частиц меньше чем 38 мкм.

Таблица 2. Характеристики образцов сырьевой железной руды, использованных при испытании флотации

|                             | Железная руда 1 | Железная руда 2 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Содержание железа           | 43,0%           | 41,2%           |
| Содержание SiO <sub>2</sub> | 34,8%           | 41,0%           |
| P80                         | 97 мкм          | 137 мкм         |
| D50                         | 49 мкм          | 69 мкм          |
| %-38мкм                     | 39,6%           | 22,0%           |

Испытания флотации были выполнены в лабораторном масштабе с использованием устройства флотационной камеры Denver D12 при температуре приблизительно 25°C в соответствии со следующей методикой: образец 1,1 кг соответствующей сырьевой железной руды загружают во флотационную камеру объемом 1,5 л и добавляют воду, чтобы приготовить суспензию с содержанием твёрдого вещества 50 мас.%. Скорость мешалки поддерживают равной 1100 об/мин и суспензию гомогенизируют в течение 1 мин. Затем добавляют депрессорную присадку (пшеничный крахмал, подщелоченный NaOH в массовом соотношении крахмал/NaOH = 5:1) в дозировке 600 мг на 1 кг высушенной руды. Суспензию кондиционируют при перемешивании в течение 5 мин. Контролируют pH суспензии и, в случае необходимости, доводят до 10,0 путем дальнейшего добавления NaOH. Композицию коллектора, соответствующую данным табл. 1, добавляют в дозировке 70 мг/кг сухой руды для сырьевой железной руды 1 и соответственно 120 мг/кг для сырьевой железной руды 2. Для облегчения манипулирования композиции коллектора используют в виде водных растворов, с содержанием 1 мас.% активного вещества. Коллектор кондиционируют в суспензии руды в течение 1 мин. Затем пропускают поток воздуха и осуществляют пенную флотацию в течение трех минут. Всплывшую массу (хвосты) и осевшую массу (концентрат железной руды) собирают в отдельные емкости и сушат в лабораторной печи. Затем оба образца (осевшую и всплывшую массу) анализируют на массовое содержание SiO<sub>2</sub> и содержание железа по методикам, описанным выше.

Результаты приведены в единицах следующих показателей.

Выход (мас.%): процентная доля концентрированной руды (осевшая масса) относительно общей массы сырьевой железной руды.

Содержание SiO<sub>2</sub> (мас.%): содержание SiO<sub>2</sub>, находящегося в концентрате железной руды (осевшая масса).

Извл. Fe (мас.%): отношение массы железа, извлеченного в концентрате железной руды (осевшая масса), относительно общей массы железа в сырьевой железной руде.

Таблица 3. Экспериментальные результаты флотации железной руды 1

| Пример            | Коллектор            | Дозировка [г/т] | Выход [мас.%] | Содержание SiO <sub>2</sub> [мас.%] | Извл. Fe [мас.%] |
|-------------------|----------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|------------------|
| 1                 | CC1                  | 70              | 48,1          | 2,96                                | 72,2             |
| 2                 | CC2                  | 70              | 48,9          | 2,92                                | 72,6             |
| 3                 | CC3                  | 70              | 47,3          | 2,84                                | 71,3             |
| 4                 | CC4                  | 70              | 47,1          | 2,81                                | 71,4             |
| 5                 | CC7                  | 70              | 44,3          | 1,14                                | 67,4             |
| 6 (для сравнения) | CC11 (для сравнения) | 70              | 43,7          | 2,99                                | 65,2             |
| 7 (для сравнения) | CC12 (для сравнения) | 70              | 40,4          | 1,57                                | 61,4             |

"для сравнения" означает сравнительные эксперименты, не соответствующие изобретению.

Таблица 4. Результаты экспериментов флотации с железной рудой 2

| Пример             | Коллектор            | Дозировка [г/т] | Выход [мас.%] | Содержание SiO <sub>2</sub> [мас.%] | Извл. Fe [мас.%] |
|--------------------|----------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|------------------|
| 8                  | CC1                  | 120             | 39,0          | 2,73                                | 65,8             |
| 9                  | CC5                  | 120             | 38,6          | 3,18                                | 64,6             |
| 10                 | CC6                  | 120             | 38,1          | 3,30                                | 63,1             |
| 11                 | CC8                  | 120             | 45,8          | 1,24                                | 75,2             |
| 12                 | CC9                  | 120             | 46,4          | 1,35                                | 75,7             |
| 13 (для сравнения) | CC10 (для сравнения) | 120             | 76,0          | 35,4                                | 83,4             |
| 14 (для сравнения) | CC11 (для сравнения) | 120             | 37,4          | 3,38                                | 62,0             |
| 15 (для сравнения) | CC13 (для сравнения) | 120             | 43,9          | 1,69                                | 73,7             |
| 16 (для сравнения) | CC14 (для сравнения) | 120             | 44,3          | 1,78                                | 74,0             |

|                    |                         |     |      |      |      |
|--------------------|-------------------------|-----|------|------|------|
| 17 (для сравнения) | CC15<br>(для сравнения) | 120 | 75,5 | 32,3 | 86,6 |
| 18 (для сравнения) | CC16<br>(для сравнения) | 120 | 41,2 | 4,05 | 67,6 |
| 19 (для сравнения) | CC17<br>(для сравнения) | 120 | 41,8 | 4,24 | 68,2 |
| 20 (для сравнения) | CC18<br>(для сравнения) | 120 | 42,3 | 4,67 | 71,2 |

"для сравнения" означает сравнительные эксперименты, не соответствующие изобретению.

В этой таблице, например, сравнительный пример 15 следует сопоставлять с примером 11. При этом становится очевидным, что выход в примере 11 выше, содержание  $\text{SiO}_2$  меньше и извлечение железа выше, чем в сравнительном примере 15.

Исследование характеристик при различных температурах.

Исследование флотации в соответствии с вышеприведенным общим описанием повторяли при различных температурах. Результаты показаны в табл. 5.

Таблица 5. Результаты флотационных испытаний железной руды 1 при различных температурах

| Пример             | Коллектор | Дозировка<br>[г/т] | Температура<br>[°C] | Выход<br>[масс.%] | Содержание<br>$\text{SiO}_2$ [масс.%] | Fe.Rec<br>[масс.%] |
|--------------------|-----------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|--------------------|
| 21                 | CC1       | 70                 | 25                  | 48,1              | 2,96                                  | 72,2               |
| 22                 | CC1       | 70                 | 5                   | 49,7              | 2,83                                  | 74,3               |
| 23                 | CC7       | 70                 | 25                  | 44,3              | 1,14                                  | 67,4               |
| 24                 | CC7       | 70                 | 5                   | 44,2              | 1,32                                  | 68,0               |
| 25 (для сравнения) | CC11      | 70                 | 25                  | 43,7              | 2,99                                  | 65,2               |
| 26 (для сравнения) | CC11      | 70                 | 5                   | 61,9              | 13,82                                 | 82,5               |
| 27 (для сравнения) | CC12      | 70                 | 25                  | 40,4              | 1,57                                  | 61,4               |
| 28 (для сравнения) | CC12      | 70                 | 5                   | 47,5              | 7,28                                  | 69,3               |

"для сравнения" означает сравнительные эксперименты, не соответствующие изобретению.

Оценка характеристик вспенивания.

Определение характеристик вспенивания для композиций коллекторов характеристики проводят, используя следующую методику: суспензию, содержащую 50 г сырьевой железной руды 1 и 50 г водопроводной воды, получают в калиброванном цилиндре. В эту суспензию добавляют 1 мас.% активного раствора композиции коллектора согласно табл. 1 в дозировке 50 мг/кг руды. Цилиндр взбалтывают 15 раз с углом  $180^\circ$  в течение  $20 \pm 2$  с. Сразу после последнего взбалтывания включают хронометр. Высоту пены измеряют сразу и спустя 30 с, 1, 2, 3, 4, 5 и 10 мин. Результаты приведены в табл. 6.

Таблица 6. Время оседания полученной пены

| Пример | Коллектор | Высота пены [мм] |        |        |        |        |        |         |
|--------|-----------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|        |           | t=0              | ½ мин. | 1 мин. | 2 мин. | 3 мин. | 5 мин. | 10 мин. |
| 29     | CC1       | 19               | 13     | 11     | 10     | 10     | 10     | 10      |
| 30     | CC7       | 20               | 19     | 17     | 14     | 14     | 14     | 14      |
| 31     | CC11      | 24               | 20     | 19     | 17     | 17     | 17     | 17      |
| 32     | CC12      | 26               | 22     | 21     | 19     | 19     | 19     | 19      |
| 33     | CC15      | 70               | 63     | 60     | 58     | 58     | 58     | 58      |

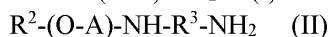
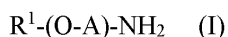
Результаты эксперимента демонстрируют, что за счет замены части алкилэфирамина и/или алкилэфирдиамина водорастворимым многоатомным спиртом увеличивается степень извлечения железа, то есть удерживается более значительная часть железа. Одновременно снижается содержание  $\text{SiO}_2$  в концентрате. В итоге улучшается селективность процесса флотации.

Несмотря на то что пена, образовавшаяся с помощью композиции коллектора согласно изобретению, обеспечивает превосходную степень извлечения железа, она имеет пониженный начальный объем и впоследствии оседает быстрее, чем пена, образовавшаяся с использованием соответственно алкилэфирамина (I) и алкилэфирдиамина (II) в отсутствии водорастворимого многоатомного спирта.

Композиции коллекторов, согласно изобретению, сохраняют превосходные характеристики в условиях холодной погоды, в то время как селективность индивидуальных эфир(ди)аминов ухудшается при пониженной температуре. Это особенно важно для многих основных рудных месторождений, расположенных в областях с холодной зимой, например в Североамериканских штатах, таких как Мичиган, Миннесота, и в Канаде.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Применение водорастворимого многоатомного спирта (компонент В), имеющего две или три гидроксильные группы для улучшения характеристик коллектора в композиции коллектора для обратной флотации железной руды из силикатсодержащего минерала, содержащего железо, содержащей по меньшей мере один алкилэфирамин формулы (I) и/или алкилэфирдиамина формулы (II) (компонент А)



где  $R^1$  представляет собой алкильную группу с 6-24 атомами углерода;

$R^2$  представляет собой алкильную группу с 6-24 атомами углерода;

$R^3$  представляет собой алифатическую алкиленовую группу с 2-4 атомами углерода;

A представляет собой алкиленовую группу с 2-6 атомами углерода,

причем улучшение функционирования коллектора означает:

(i) увеличение степени извлечения железной руды в присутствии водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильных группы, по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(ii) увеличение селективности удаления силиката, которое означает, что композиция коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, обеспечивает более высокую долю удерживаемого железа и более высокую долю удаляемого силиката по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(iii) что количество удерживаемого железа и количество удаляемого силиката в присутствии водорастворимого многоатомного спирта остаются практически неизменными, когда температура, при которой осуществляют применение, падает ниже  $10^\circ\text{C}$  по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует, в этом случае количество удерживаемого железа и удаленного силиката становится гораздо меньше;

(iv) что пена, образовавшаяся под действием композиции коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, является менее объемной и после отделения из флотационной камеры пена оседает быстрее по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует.

2. Применение по п.1, где  $R^1$  и  $R^2$ , независимо друг от друга, содержат от 7 до 18 атомов углерода.

3. Применение по п.1 или 2, где компонент A представляет собой алкилэфирамин формулы (I).

4. Применение по п.1 или 2, где компонент A представляет собой алкилэфирдиамин формулы (II).

5. Применение по п.1 или 2, где компонент A представляет собой смесь алкилэфирамина формулы (I) и алкилэфирдиамина формулы (II).

6. Применение по любому из пп.1-5, где  $R^1$  и/или  $R^2$  являются линейными или разветвленными алкильными группами.

7. Применение по любому из пп.1-6, где алкилэфирамин формулы (I) и/или алкилэфирдиамин формулы (II) произведены из разветвленных синтетических спиртов.

8. Применение по любому из пп.1-7, где A представляет собой группу формулы  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  или формулы  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ .

9. Применение по любому из пп.1-8, где  $R^3$  представляет собой группу формулы  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  или формулы  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ .

10. Применение по любому из пп.1-9, где алкилэфирамин формулы (I) и/или алкилэфирдиамин формулы (II) частично нейтрализованы органической и/или неорганической кислотой.

11. Применение по п.10, где кислота, использованная для нейтрализации алкилэфирамина формулы (I) и/или алкилэфирдиамина формулы (II), является карбоновой кислотой, содержащей от 1 до 6 атомов углерода, предпочтительно уксусной кислотой.

12. Применение по любому из пп.1-11, где  $R^1$  и/или  $R^2$  представляют собой разветвленную алкильную группу.

13. Применение по п.5, где композиция коллектора содержит алкилэфирамин формулы (I) и алкилэфирдиамин формулы (II) в массовом соотношении между 1:100 и 100:1.

14. Применение по любому из пп.1-13, где водорастворимый многоатомный спирт имеет от 2 до 20 атомов углерода, предпочтительно от 2 до 12 атомов углерода, более предпочтительно от 3 до 6 атомов углерода и особенно предпочтительно от 3 до 5 атомов углерода.

15. Применение по любому из пп.1-14, где водорастворимый многоатомный спирт выбирают из группы, состоящей из этиленгликоля, пропиленгликоля и глицерина.

16. Применение по п.15, где водорастворимый многоатомный спирт выбирают из этиленгликоля и глицерина.

17. Применение по любому из пп.1-16, где композиция содержит 50-99 мас.% алкилэфирамина формулы (I) и/или алкилэфирдиамина формулы (II) и 1-50 мас.% водорастворимого многоатомного спирта (компонент B).

18. Применение по любому из пп.1-17, где композиция коллектора дополнительно включает депрессорную присадку для железной руды.

19. Применение по любому из пп.1-18, где композиция дополнительно включает диспергирующий агент, удлинитель цепи, вспенивающий реагент, совместный коллектор и/или депрессорную присадку.

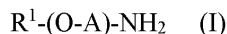
20. Применение по любому из пп.1-19, где компоненты A и B добавляют в водную суспензию, содержащую тонко измельченный сырой силикатсодержащий минерал, содержащий железо, в суммарном количестве 1-1000 г относительно количества присутствующего силикатсодержащего минерала, содер-

жащего железа.

21. Применение по любому из пп.1-20, где железную руду выбирают из группы, состоящей из магнетита, гематита и гётита.

22. Применение по п.20, где суспензия дополнительно содержит реагент, регулирующий pH, модификатор, диспергирующий агент и/или депрессорную присадку.

23. Способ улучшения функционирования композиции коллектора для обогащения железной руды путем обратной флотации силикатсодержащего минерала, содержащего железо, причем композиция коллектора содержит по меньшей мере один алкилэфирамин формулы (I) и/или алкилэфирдиамин формулы (II) (компонент А):



где  $R^1$  представляет собой алкильную группу с 6-24 атомами углерода;

$R^2$  представляет собой алкильную группу с 6-24 атомами углерода;

$R^3$  представляет собой алифатическую алкиленовую группу с 2-4 атомами углерода;

А представляет собой алкиленовую группу с 2-6 атомами углерода,

причем способ включает в себя добавление в композицию коллектора по меньшей мере одного водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильные группы (компонент В), причем улучшение функционирования коллектора означает:

(i) увеличение степени извлечения железной руды в присутствии водорастворимого многоатомного спирта, имеющего две или три гидроксильных группы, по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(ii) увеличение селективности удаления силиката, которое означает, что композиция коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, обеспечивает более высокую долю удерживаемого железа и более высокую долю удаляемого силиката по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует;

(iii) что количество удерживаемого железа и количество удаляемого силиката в присутствии водорастворимого многоатомного спирта остаются практически неизменными, когда температура, при которой осуществляют применение, падает ниже  $10^\circ\text{C}$  по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует, в этом случае количество удерживаемого железа и удаленного силиката становится гораздо меньше;

(iv) что пена, образовавшаяся под действием композиции коллектора, содержащая водорастворимый многоатомный спирт, является менее объемной и после отделения из флотационной камеры пена оседает быстрее по сравнению со случаем, когда указанный спирт отсутствует.

24. Способ по п.23, где в водную суспензию тонкоизмельченного сырого силикатсодержащего минерала, содержащего железо, добавляют компонент А и компонент В в суммарном количестве 1-1000 г относительно количества присутствующей железной руды.

25. Способ по п.23 или 24, где железную руду выбирают из группы, состоящей из магнетита, гематита и гётита.

26. Способ по любому из пп.23-25, где суспензия дополнительно содержит диспергирующий агент, удлинитель цепи, вспенивающий реагент, совместный коллектор и/или депрессорную присадку.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2