

Способ флотации силикатсодержащей железной руды

Настоящее изобретение относится к способу изготовления концентрата, обогащенного минералами железа из руды, которая содержит минералы железа и силикат, путем обратной флотации с использованием первого амина и, в частности, смеси первого и второго аминов. В еще одном варианте осуществления предусмотрено использование первого амина в качестве флотационного собирателя, в частности, смеси первого и второго аминов в качестве флотационного собирателя и композиции первого и второго аминов в качестве флотационного собирателя.

Для осуществления обычного способа обогащения железной руды требуется стадия флотации для удаления оксида кремния (SiO_2) из ценного железосодержащего минерала, например, из класса оксидов, такого как гематит или магнетит, и, таким образом, для получения богатого концентрата железосодержащего минерала. Богатый концентрат железосодержащего минерала может использоваться для производства высококачественной стали. Удаление SiO_2 из различных руд с помощью пенной флотации в комбинации с гидрофобными аминами является известным способом. С использованием подходящих аминов можно гидрофобизировать отрицательно заряженные частицы силиката. При подаче воздуха во флотационную камеру образуются гидрофобные пузырьки газа, которые могут транспортировать гидрофобизированные частицы силиката в верхнюю часть флотационной камеры. Гидрофобизированные частицы силиката попадают в образовавшуюся пену, которую можно стабилизировать с использованием соответствующего химического вещества, выступающего в качестве регулятора пенообразования. Наконец, осуществляется удаление пены из верхней части флотационной камеры, а обогащенный минерал остается в нижней части флотационной камеры.

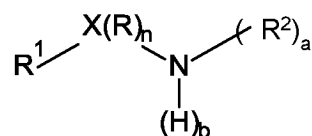
GB 578695 относится к концентрациям минералов и классу реагентов для селективного отделения кислых минералов от других компонентов руды. Реагенты для пенной флотации представлены соединением одной из следующих общих формул



где y – это целое число от 2 до 12, R – это водород или алкильная группа, R^1 – это алкильная группа, содержащая 8 - 30 атомов углерода, или карбоксильная ацилированная группа, содержащая 8 - 32 атомов углерода, R^2 – это водород или алкильная группа, содержащая 8 - 30 атомов углерода, или алкилольный сложный эфир, или аралкильная группа, R^3 – это карбоксильная ацилированная группа, содержащая 8 - не более чем 32 атомов углерода, а R^4 – это алкильная, алкилольная, алкилол-эфирная или аралкильная группа, или соль такого соединения. Тест № 2 описывает флотацию фосфатной породы гидробромидом N-лаурилэтилендиамина и сосновым маслом. Упоминается обработка железных руд для удаления кремнезема.

DE 1173041 относится к флотации оксидных минералов с алифатическими аминами в качестве собирателей, которые представляют собой разветвленные алифатические первичные амины, имеющие, по меньшей мере, 6 атомов углерода, и их водо- или маслорастворимые соли сами по себе или с обычными собирающими, вспенивающими или регулируемыми вспомогательными средствами. Пример 1А описывает флотацию карбоната цинка и/или фосфата цинка с помощью 2-этилгексиламинаацетата и сульфида натрия. Пример 3 описывает флотацию карбоната цинка и/или силиката цинка смесью ацетата 2-этилгексиламина и 2-этилгексиламина, этоксилированного жирного спирта в качестве эмульгатора и сульфида натрия.

EP 0174866 относится к собирателям и способу извлечения тонкоизмельченного твердого материала из металлической руды путем обработки металлической руды в виде водной пульпы в способе пенной флотации в присутствии собирателя, отличающегося тем, что собиратель содержит соединение, соответствующее формуле



фосфатной руды для удаления кремнезема при нейтральном pH. Другие амидамины, используемые аналогичным образом, представляют собой диэтилентриаминамидамин лауриновой кислоты и тетраэтиленпентаминамидамин смоляной кислоты. Некоторые Примеры также предоставляют комбинацию амидамина с амином, таким как эфирамин, состоящий из 95 мас.% 3-(8-метилноокси)пропан-1-амина и 3 мас.% 8-метилнонан-1-ола, например, как кокоамин или как додециламин.

F. Nakhaei et al в «Обзоре переработки полезных ископаемых и добывающей металлургии» (Miner. Process. Extr. Metall. Rev.) (2017) описывают типы собирателей аминов, обычно используемых при флотации железа, которые включают жирные диамины.

US 3817972, EP 0174866, GB 578695 и US 4797202 раскрывают также производные амина, используемые во флотации, однако ни одно из раскрытых веществ не является типами собирателей аминов по настоящему изобретению для использования во флотации.

Хотя US 2020/172767 раскрывает дисперсионную композицию, содержащую смесь н-гексиламина и N,N-диэтил-1,3-диаминопропана в соотношении около 50:50, а также дополнительно терпинеол и частицы серебра, причем указанную композицию используют в качестве электропроводящей клеевой композиции и поэтому не подходит для целей настоящего изобретения.

По-прежнему существует потребность в улучшенных способах обратной флотации руд, содержащих железосодержащие минералы и силикаты. В частности, качество руд за последнее время снизилось. При более высоком содержании SiO₂ в руде селективное удаление силикатов сложнее, чем в прошлом, когда в рудах было более низкое содержание SiO₂. С одной стороны, необходимо, чтобы в способе флотации не происходили потери железосодержащего минерала, то есть необходимо обеспечить высокую степень извлечения, а с другой стороны, необходимо обеспечить низкое содержание SiO₂ в концентрате, обогащенном железосодержащим минералом, то есть обеспечить селективность. В частности, для способов прямого восстановления с использованием концентрата желателен низкое содержание SiO₂. Как правило, на руднике, как на участке переработки руды, устанавливается максимальный уровень остаточного содержания SiO₂,

который может оставаться в концентрате в конце способа флотации. Например, такой уровень может составлять 2,5 мас.%, в частности, 2,0 мас.%. Обычно цель состоит в том, чтобы, по меньшей мере, обеспечить этот максимальный уровень оксида кремния без значительной потери содержания железосодержащих минералов. Более эффективное извлечение в сочетании с сопоставимой или лучшей селективностью позволяет снизить потери железосодержащего минерала в хвостах и дает преимущества с экономической точки зрения.

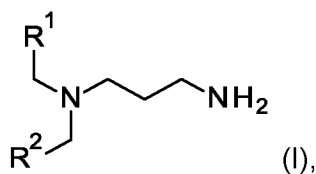
Цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предоставить способ производства концентрата, обогащенного железосодержащим минералом, высокую степень извлечения железосодержащего минерала из используемой руды и низкое содержание SiO_2 в используемой руде. Кроме того, привлекательность состоит в том, чтобы применяемый собиратель позволял уменьшить или даже отказаться от необходимости использования определенного вспомогательного средства флотации. В то же время, является преимуществом, если в способе материал используют в относительно химически чистой и, следовательно, в однородной форме, что целесообразно с экономической точки зрения, например, потому, что может происходить меньше побочных реакций. При использовании относительно химически чистого материала в сочетании с другими материалами, в частности, с другими совместными собирателями, свойства такого материала могут быть точно скорректированы в соответствии со свойствами определенной руды.

Поставленная изобретением цель достигается за счет способа производства концентрата, обогащенного железосодержащим минералом, из руды, которая содержит железосодержащий минерал и силикат, путем обратной флотации, причем такой способ включает этап

- (с) добавления первого амина в приготовленную водную пульпу руды и, при необходимости, в одно или более вспомогательных средств флотации, с получением водной смеси,

отличающийся тем, что первый амин представляет собой

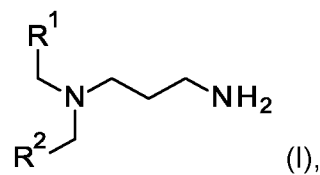
(A) соединение формулы I



где R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил, пентил, гексил, гептил или 2-метилгексил, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь.

Предпочтительно способ производства концентрата, обогащенного железосодержащим минералом из руды, которая содержит железосодержащий минерал и силикат, включает этапы

- (a) предоставления руды, которая содержит железосодержащий минерал и силикат,
- (b) приготовления из предоставленной руды водной пульпы путем добавления воды и, при необходимости, одного или более вспомогательных средств флотации,
- (c) добавления первого амина в приготовленную водную пульпу руды и, при необходимости, в одно или более вспомогательных средств флотации, с получением водной смеси, отличающийся тем, что первый амин представляет собой (A) соединение формулы I



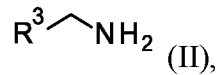
где R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил, пентил, гексил, гептил или 2-метилгексил, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь,

- (d) аэрирование водной смеси во флотационной камере с образованием пены, которая обогащена силикатом, и удаление образовавшейся пены из флотационной камеры,
- (e) получение концентрата, обогащенного железосодержащими минералами, из флотационной камеры.

Этапы (a), (b), (c), (d) и (e) – более подробное описание обратной флотации.

Предпочтительно, второй амин дополнительно добавляют на этапе (c), и представляет собой

- (B) соединение формулы II



где R^3 – это C_5 - C_{17} алкил, который является разветвленным или линейным, или C_5 - C_{17} алкенил, который является разветвленным или линейным, соль протонированного соединения формулы II и второй анион или их смесь.

Руда, которая содержит железосодержащий минерал и силикат (SiO_2), получена, например, из магматических отложений или из осадочных отложений. Этап (а) предоставления руды приводит к предоставлению руды. Этап предоставления руды (а) включает, например, дробление и/или измельчение руды. В случае руды из магматического месторождения этап предоставления руды включает, например, также дробление и измельчение руды. В случае руды из осадочного месторождения этап предоставления руды включает, например, дробление руды, в частности, дробление руды и влажный помол руды. Дробленая и/или измельченная руда находится в виде частиц. На этапе (а) получения руды магнитные части руды могут быть удалены путем магнитной обработки, предпочтительно после того, как руда раздроблена и/или измельчена и находится в форме частиц. Корреляция с массой руды или массовыми частями руды в настоящем документе относится к сухой руде. Предпочтительно, этап (а) получения руды приводит к получению руды в форме частиц. Предпочтительно, поставляемая руда находится в форме частиц, размер которых позволяет от 60 мас.% до 100 мас.% частиц из расчета на общую массу предоставленной руды проходить через стальное сито с размером ячеек 100 мкм, если измерение производится при стандартном сухом просеивании. Предпочтительно, этап (а) получения руды приводит к получению руды, которая имеет форму частиц, и более 90 мас.% частиц имеют размер 150 мкм или меньше. Крайне предпочтительно, этап (а) получения руды приводит к получению руды, которая имеет форму частиц, и более 90 мас.% частиц имеют размер 150 мкм или меньше, а более 80 мас.% частиц имеют размер 106 мкм или меньше. В частности, этап (а) получения руды приводит к получению руды, которая имеет форму частиц, более 90 мас.% частиц имеют размер 150 мкм или меньше, более 80 мас.% частиц имеют размер 106 мкм или меньше, а более 30 мас.% частиц имеют размер 38 мкм или меньше. В особенности, этап (а) получения руды приводит к получению руды, которая имеет форму частиц, более 92 мас.% частиц имеют размер 150 мкм или меньше, более 82 мас.% частиц

имеют размер 106 мкм или меньше, а более 35 мас.% частиц имеют размер 38 мкм или меньше.

Руда предпочтительно содержит от 20 мас.% до 65 мас.% атомов железа из расчета на общий вес руды. Массовое содержание атомов железа (атомов Fe) аналогично содержанию железа по массе. Содержание атомов железа определяют, например, с применением дисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии по длине волны. Крайне предпочтительно, руда содержит от 25 мас.% до 55 мас.% атомов железа, в частности, от 30 мас.% до 50 мас.% и в особенности от 35 мас.% до 47 мас.%. Железосодержащий минерал представляет собой, например, оксид железа. Типичными оксидами железа являются гематит (Fe_2O_3 с содержанием железа 69,9 мас.%), магнетит (Fe_3O_4 с содержанием железа 72,4 мас.%), гетит ($\text{Fe}(\text{O})\text{OH}$ с содержанием железа 62,9 мас.%) или их смесь. Железосодержащий минерал предпочтительно состоит из менее чем 10 мас.% сульфида железа из расчета на общий вес всех железосодержащих минералов в руде. Крайне предпочтительно, чтобы все железосодержащие минералы в руде были несulfидными железосодержащими минералами. Железосодержащие минералы в руде предпочтительно состоят из от 90 мас.% до 100 мас.% оксида железа из расчета на общую массу всех железосодержащих минералов в руде. Крайне предпочтительно, чтобы железосодержащие минералы в руде содержали, по меньшей мере, от 97 мас.% до 100 мас.% оксида железа, в частности, от 99 мас.% до 100 мас.%.

Руда предпочтительно содержит от 20 мас.% до 65 мас.% атомов железа и от 20 мас.% до 70 мас.% силиката в пересчете на SiO_2 , крайне предпочтительно от 25 мас.% до 55 мас.% атомов железа и от 25 мас.% до 55 мас.% силиката из расчета на SiO_2 , в частности, от 30 мас.% до 50 мас.% атомов железа и от 30 мас.% до 45 мас.% силиката в пересчете на SiO_2 и, в особенности, от 35 мас.% до 47 мас.% атомов железа и от 32 мас.% до 43 мас.% силиката в пересчете на SiO_2 .

Типичная руда содержит от 40 мас.% до 70 мас.% гематита и от 30 мас.% до 50 мас.% силиката в пересчете на SiO_2 , в частности, от 45 мас.% до 65 мас.% гематита и от 30 мас.% до 45 мас.% силиката в пересчете на SiO_2 . Предпочтительно, более 50 мас.% железосодержащего минерала, содержащегося в руде, представляет собой оксид железа, которым является гематит. Крайне предпочтительно, от 50

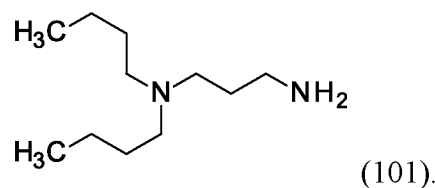
мас.% до 100 мас.% железосодержащего минерала, содержащегося в руде, представляет собой оксид железа, которым является гематит.

Предпочтительным является способ, в котором руда содержит атомы железа в диапазоне от 20% мас.% до 55% мас.% из расчета на массу руды.

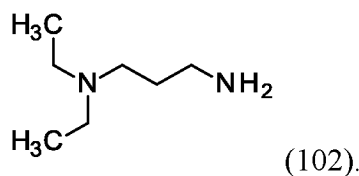
Соединение формулы I и соединения формулы II в рамках способа действуют как собиратель для пенной флотации.

Первый амин (A) также включает смесь двух или более соединений формулы I. Предпочтительно, R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил или пентил. Крайне предпочтительно, R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, этил, пропил или 1-метил-этил. В частности, R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, пропил или 1-метил-этил. В особенности, R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил или пропил. Предпочтительно, чтобы R^1 и R^2 были представляют собой одинаковое вещество. Крайне предпочтительно, чтобы R^1 и R^2 были представляют собой одинаковое вещество, и это может быть метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил или пентил. В частности, R^1 и R^2 представляют собой одинаковое вещество, и это может быть метил, этил, пропил или 1-метил-этил. В особенности, R^1 и R^2 представляют собой одинаковое вещество, и это может быть метил, пропил или 1-метил-этил. Особенно, R^1 и R^2 представляют собой одинаковое вещество, и это может быть метил или пропил. Крайне особенно, R^1 и R^2 представляют собой пропил.

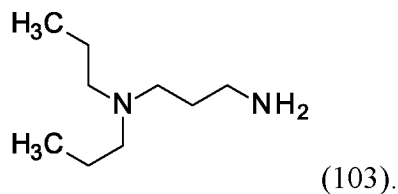
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают пропил, представляет собой N',N'-дибутилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



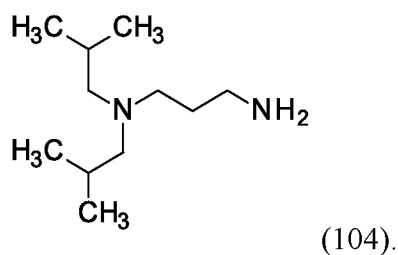
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают метил, представляет собой N',N'-диэтилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



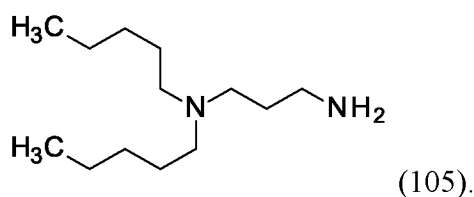
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают этил, представляет собой N',N' -дипропилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



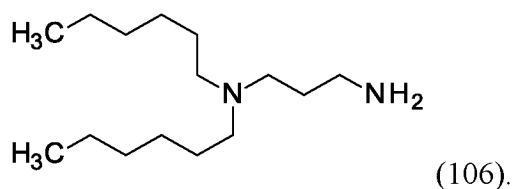
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают 1-метил-этил, представляет собой N',N' -диизобутилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



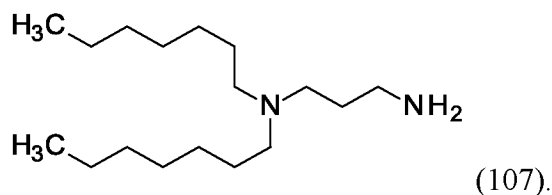
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают бутил, представляет собой N',N' -дипентилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



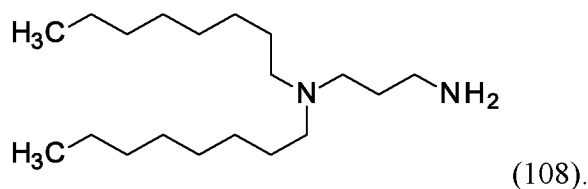
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают пентил, представляет собой N',N' -дигексилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



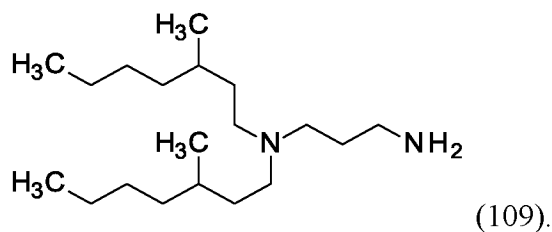
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают гексил, представляет собой N',N' -дигептилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



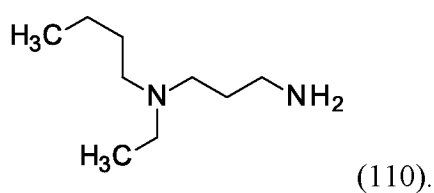
Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают гептил, представляет собой N',N'-диоктилпропан-1,3-диамин и изображено ниже



Соединение формулы I, в которой R^1 и R^2 означают 2-метилгексил, представляет собой N',N'-бис(3-метилгептил)пропан-1,3-диамин и изображено ниже



Соединение формулы I, в которой R^1 означает пропил, и R^2 означает метил, представляет собой N'-бутил-N'-этил-пропан-1,3-диамин и изображено ниже



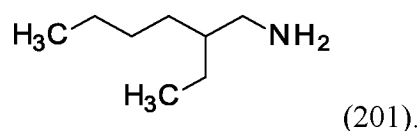
Предпочтительным является способ, в котором R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил или пентил.

Предпочтительным является способ, в котором R^1 и R^2 представляют собой одинаковое вещество.

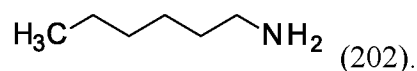
Предпочтительным является способ, в котором R^1 и R^2 представляют собой пропил.

Второй амин (А) также включает смесь двух или более соединений формулы II. R^3 представляет собой, например, пентил, гексил, гептил, 1-этил-пентил, октил, изооктил, нонил, изононил, децил, изодецил, ундецил, изо-ундецил, додецил, изо-додецил, тридецил, изо- тридецил, тетрадецил, изо-тетрадецил, пентадецил, изо-пентадецил, гексадецил, изо-гексадецил, гептадецил, изо-гептадецил, дец-9-ен-ил или (Z)-гептадецил-8-ен-ил. Предпочтительно R^3 представляет собой C_5 - C_{12} алкил, который является разветвленным или линейным, или C_{10} - C_{17} алкенил, который является разветвленным или линейным. Крайне предпочтительно R^3 представляет собой C_5 - C_{12} алкил, который является разветвленным или линейным, или C_{17} алкенил, который является линейным. В особенности, R^3 представляет собой C_5 - C_{12} алкил, который является разветвленным или линейным. Особенно, R^3 представляет собой C_5 - C_9 алкил, который является разветвленным или линейным. Крайне особенно, R^3 представляет собой C_6 - C_8 алкил, который является разветвленным или линейным. Более особенно, R^3 представляет собой C_7 алкил, который является разветвленным. Наиболее особенно, R^3 представляет собой 1-этил-пентил.

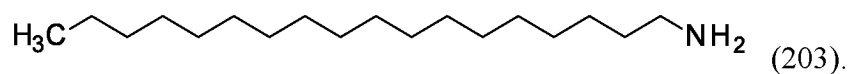
Соединение формулы II, в которой R^3 означает 1-этил-пентил, означает 2-этилгексан-1-амин и изображено ниже



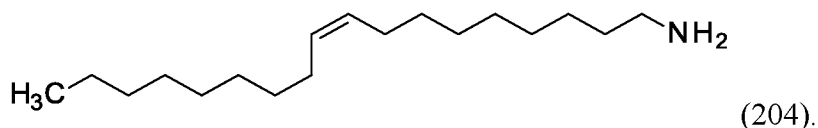
Соединение формулы II, в которой R^3 означает пентил, представляет собой гексан-1-амин и изображено ниже



Соединение формулы II, в которой R^3 означает гептадецил, представляет собой октадекан-1-амин и изображено ниже



Соединение формулы II, в которой R^3 означает (Z)-гептадек-8 - ен-ил, представляет собой (Z)-октадек-9 - ен-1-амин и изображено ниже



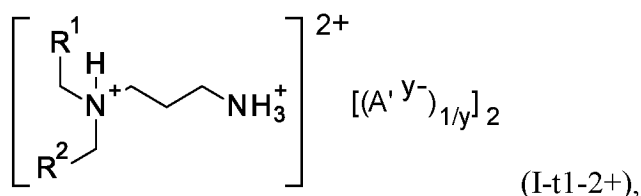
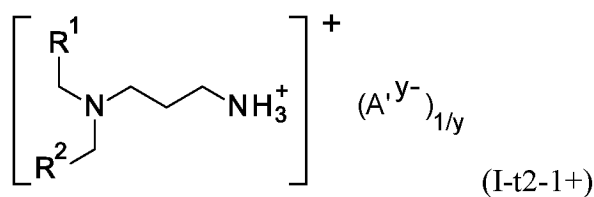
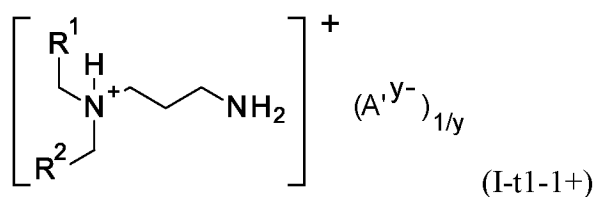
Предпочтительным является способ, в котором R^3 означает C_7 - C_{12} -алкил, который является разветвленным или линейным.

Предпочтительным является способ, в котором R^3 означает 1-этил-пентил.

Предпочтительным является способ, в котором R^1 и R^2 означают пропил, и R^3 означает 1-этил-пентил.

Первый анион представляет собой депротонированную форму кислоты $A'(-H)_p$, где $-H$ представляет собой кислотный протон, а p представляет собой число кислотных протонов кислоты $A'(-H)_p$. В зависимости от силы кислоты $A'(-H)_p$, некоторые кислотные протоны кислоты $A'(-H)_p$ могут не депротонироваться в соли с соединением формулы I.

Соль протонированного соединения формулы I и первого аниона также выражается формулами I-t1-1+, I-t2-1+ или I-t1-2+



где A' представляет собой первый анион, y – целое число, по меньшей мере, 1, y представляет собой отрицательный заряд аниона. y не может быть больше, чем p , которое означает число кислотных протонов кислоты $A'(-H)_p$.

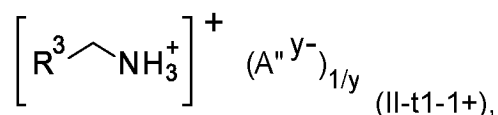
Предпочтительным является анион, который представляет собой депротонированную кислоту $A(-H)_p$, где $p = 1, 2$ или 3 , а $y = 1$, если $p = 1$, $y = 1$ или 2 , если $p = 2$, и $y = 1, 2$ или 3 , если $p = 3$. Формулы $I-t1-1+$ и $I-t2-1+$ описывают таутомерные формы одной и той же соли.

Первый анион представляет собой, например, C_1-C_{18} карбоксилат, фторид, хлорид, бромид, йодид, сульфонат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат, нитрат, гидрофторсиликат, фторсиликат или их смесь. C_1-C_{18} карбоксилат представляет собой, например, алифатический или олефиновый карбоксилат, предпочтительно алифатический C_1-C_{13} карбоксилат, крайне предпочтительно алифатический C_1-C_6 карбоксилат и особенно формиат, ацетат или пропионат. Сульфонат представляет собой, например, метилсульфонат, этилсульфонат, пропилсульфонат или 1-метилэтилсульфонат. Предпочтительно, сульфонат представляет собой алкилсульфонат, крайне предпочтительно C_1-C_6 сульфонат, в частности, C_1-C_3 сульфонат и в особенности метилсульфонат. Предпочтительными являются C_1-C_{18} карбоксилат, фторид, хлорид, сульфонат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат или нитрат. Крайне предпочтительным является алифатический или олефиновый C_1-C_{18} карбоксилат, особенно предпочтительным является формиат, ацетат или пропионат.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что первый анион представляет собой C_1-C_{18} карбоксилат, фторид, хлорид, бромид, йодид, сульфонат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат, нитрат, гидрофторсиликат, фторсиликат или их смесь.

Второй анион представляет собой депротонированную форму кислоты A'' пропилом $(-H)_p$, где $-H$ представляет собой кислотный протон, а p представляет собой число кислотных протонов кислоты $A''(-H)_p$. В зависимости от силы кислоты $A'(-H)_p$, некоторые кислотные протоны кислоты $A''(-H)_p$ могут не депротонироваться в соли с соединением формулы II.

Соль протонированного соединения формулы II и второго аниона также выражается формулой $II-t1-1+$



где A'' представляет собой второй анион, y – целое число, по меньшей мере, 1, y представляет собой отрицательный заряд аниона. y не может быть больше, чем p , которое означает число кислотных протонов кислоты $A''(-H)_p$. Предпочтительным является анион, который представляет собой депротонированную кислоту $A''(-H)_p$, где $p = 1, 2$ или 3 , а $y = 1$, если $p = 1$, $y = 1$ или 2 , если $p = 2$, и $y = 1, 2$ или 3 , если $p = 3$.

Второй анион представляет собой, например, C_1 - C_{18} карбоксилат, фторид, хлорид, бромид, йодид, сульфонат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат, нитрат, гидрофторсиликат, фторсиликат или их смесь. C_1 - C_{18} карбоксилат представляет собой, например, алифатический или олефиновый карбоксилат, предпочтительно алифатический C_1 - C_{13} карбоксилат, крайне предпочтительно алифатический C_1 - C_6 карбоксилат и особенно формиат, ацетат или пропионат. Сульфонат представляет собой, например, метилсульфонат, этилсульфонат, пропилсульфонат или 1-метилэтилсульфонат. Предпочтительно, сульфонат представляет собой алкилсульфонат, крайне предпочтительно C_1 - C_6 сульфонат, в частности, C_1 - C_3 сульфонат и в особенности метилсульфонат. Предпочтительными являются C_1 - C_{18} карбоксилат, фторид, хлорид, сульфонат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат или нитрат. Крайне предпочтительным является алифатический или олефиновый C_1 - C_{18} карбоксилат, особенно предпочтительным является формиат, ацетат или пропионат.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что второй анион представляет собой C_1 - C_{18} карбоксилат, фторид, хлорид, бромид, йодид, сульфонат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат, нитрат, гидрофторсиликат или фторсиликат.

Предпочтительно, первый анион и второй анион независимо друг от друга представляют собой C_1 - C_{18} карбоксилат, фторид, хлорид, бромид, йодид, сульфонат, гидросульфат, сульфат, дигидрогенфосфат, гидрофосфат, фосфат, нитрат, гидрофторсиликат или фторсиликат.

Предпочтительно, первый и второй анионы представляют собой одинаковое вещество. К этому также относится тот факт, что в случае со смесью определенных анионов эта смесь является одинаковой.

На этапе с) в случае присутствия второго амина (В) массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) предпочтительно находится в диапазоне от 0,1 до 10. Массовое соотношение 0,1 соответствует 1 массовой части первого амина (А) и 10 массовым частям второго амина (В). Массовое соотношение 10 соответствует 1 массовой части первого амина (А) и 0,1 массовой части второго амина (В). Крайне предпочтительно, чтобы массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) находилось в диапазоне от 0,15 до 5, в частности, в диапазоне от 0,18 до 2, в особенности, в диапазоне от 0,2 до 1, особенно в диапазоне от 0,25 до 0,7 и крайне особенно в диапазоне от 0,3 до 0,5.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что на этапе с) массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 0,1 до 10.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что на этапе с) массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 0,2 до 1.

Первый амин (В) добавляют предпочтительно в количестве от 10 до 500 г на тонну руды. Иными словами, масса первого амина (А) добавляют в количестве в диапазоне от 10 до 500 г на тонну руды. Крайне предпочтительно, это количество составляет от 30 до 300 г на тонну руды, особенно предпочтительно от 40 до 250 г на тонну руды, особенно от 50 до 200 г на тонну руды и крайне особенно от 60 до 160 г. Общее количество первого амина (А) можно добавлять за один раз или порциями.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что первый амин (А) добавляют в количестве в диапазоне от 10 до 500 г на тонну руды.

В случае дополнительного добавления второго амина (В), первый амин (А) и второй амин (В) добавляют предпочтительно в количестве от 10 до 500 г на тонну руды. Иными словами, сумма масс первого амина (А) и второго амина (В) добавляют в количестве в диапазоне от 10 до 500 г на тонну руды. Крайне предпочтительно, это количество составляет от 30 до 300 г на тонну руды, особенно предпочтительно от 40 до 250 г на тонну руды, особенно от 50 до 200 г на тонну руды и крайне особенно от 60 до 160 г. Общее количество первого амина (А) и второго амина (В) можно добавлять за один раз или порциями.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что сумма масс первого амина (А) и второго амина (В) добавляют в количестве в диапазоне от 10 до 500 г на тонну руды.

Предпочтительно первый амин и второй амин добавляют на этапе (с) вместе в виде композиции для применения в качестве флотационного собирателя. Данная композиция включает:

- (А) первый амин, представляющий собой соединение формулы I, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь, и
- (В) второй амин, представляющий собой соединение формулы II, соль протонированного соединения формулы II и первый анион или их смесь.

Предпочтительно сумма масс первого амина (А) и второго амина (В) в композиции находится в диапазоне от 50 мас.% до 100 мас.% из расчета на общую массу композиции. Крайне предпочтительно диапазон составляет от 60% мас.% до 100% мас.%, в частности, от 70% мас.% до 100% мас.% и в особенности от 80% мас.% до 95 мас.%.

Значение рН на этапах (с) и (d) способа предпочтительно доводят с помощью регулятора рН до определенного значения рН, как правило, до значения рН 8 - 12, в частности, 9 - 11. Регулятор рН обычно представляет собой сильное основание, например, гидроксид натрия, гидроксид калия, карбонат натрия или карбонат калия. Предпочтительно, значение рН водной пульпы составляет 8 - 12, в частности, 9 - 11. Предпочтительно этап (с), то есть добавление первого амина (А) и второго амина (В) к водной пульпе, проводится при значении рН в диапазоне 8 - 12, в частности, 9 - 11. Предпочтительно, значение рН водной смеси составляет 8 - 12, в частности, 9 - 11. Предпочтительно этап (d), т. е. аэрирование водной смеси проводится при значении рН в диапазоне 8 - 12, в частности, 9 - 11. Предпочтительно этап (е), т. е. получение концентрата, обогащенного железосодержащими минералами, проводится при значении рН в диапазоне 8 - 12, в частности, 9 - 11. За счет регулирования значения рН руда, особенно частицы руды, имеют правильный поверхностный заряд.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что значение рН на этапе (с) составляет 8 - 12.

Предпочтительным является способ, в котором значение рН на этапе (с) и на этапе (b) составляет 8 - 12.

Предпочтительным является способ, в котором значение рН на этапе (с) и на этапе (d) составляет 8 - 12.

Предпочтительным является способ, в котором значение рН на этапе (с), на этапе (b) и на этапе (d) составляет 8 - 12.

Предпочтительным является способ, в котором значение рН на этапе (с), на этапе (b), на этапе (d) и на этапе (e) составляет 8 - 12.

Вспомогательное средство для флотации отличается от соединения формулы I или соединения формулы II. Вспомогательное средство для флотации представляет собой, например, подавитель, регулятор пенообразования, собиратель или масло-наполнитель.

Подавитель помогает предотвратить флотацию того ингредиента руды, который не должен попасть в пену, или же подавитель в целом обеспечивает селективность способа производства концентрата. Подавитель представляет собой, например, гидрофильный полисахарид, в частности, крахмал или силикат натрия. Крахмал представляет собой, например, нативный крахмал или модифицированный крахмал. Нативный крахмал представляет собой, например, крахмал из кукурузы, пшеницы, овса, ячменя, риса, проса, картофеля, гороха, тапиоки или маниока. Нативный крахмал предпочтительно предварительно желатинизирован, то есть нагрет для желатинизации крахмала в водном растворе, или каустизации, т.е. обработке сильным основанием, например, NaOH, KOH или Ca(OH)₂, в водном растворе. Модифицированный крахмал может представлять собой деградированный крахмал, который имеет пониженную средневесовую молекулярную массу по сравнению с исходным крахмалом, химически модифицированный крахмал или комбинацию деградированного и химически модифицированного крахмала. Деградирование крахмала может осуществляться, например, путем окисления или обработки кислотой, основанием или ферментами. В результате деградирования, как правило, увеличивается содержание олигосахаридов или декстринов. Химическая модификация – это

функционализация крахмала путем ковалентного связывания химической группы с крахмалом. Химически модифицированный крахмал может быть получен, например, путем эстерификации или этерификации крахмала. Эстерификация кислоты крахмалом осуществляется, например, с использованием ангидрида или хлорида кислоты. Этерификация крахмала может осуществляться, например, с использованием органического реагента, который содержит реактивную эпоксидную функциональную группу. Предпочтительным является подавитель, который представляет собой крахмал, крайне предпочтительно нативный крахмал, в частности, предварительно желатинизированный крахмал или каустицированный крахмал, особенно каустицированный крахмал. Подавитель предпочтительно добавляют в количестве от 100 до 3000 г на тонну руды. Расчет осуществляется по сухой руде. Крайне предпочтительно, это количество составляет от 300 до 2200 г на тонну руды, особенно предпочтительно от 400 до 1500 г на тонну руды, особенно от 500 до 1100 г на тонну руды и крайне особенно от 550 до 800 г.

Регулятор пенообразования повышает эффективность способа производства, препятствуя образованию пены. Одним из свойств пены является, например, высота пены и, соответственно, объем пены или стабильность пены, то есть время оседания пены после прекращения аэрации. Регулятором пенообразования является, например, сосновое масло, метилизобутилкарбинол, спирт C₆-C₁₂, в частности, 2-этилгексанол или гексанол, сложный спиртовой эфир, в частности, смесь, содержащая 2,2,4-триметил-1,3-пентандиолмоноизобутират, остаток после перегонки оксосинтез 2-этилгексанола, терпинеола, триэтоксипутана, алкоксилированного спирта, особенно этоксилированного и/или пропоксилированного спирта, полиэтиленгликоля или полипропиленгликоля. Предпочтительно в способе не используют алкоксилированный спирт, крайне предпочтительно не используют алкоксилированный спирт, полиэтиленгликоль или полипропиленгликоль и, в частности, не используют регулятор пенообразования. По-прежнему привлекательным является ситуация, когда способ не требует добавления регулятора пенообразования.

Со-собиратель представляет собой поверхностно-активное соединение, которое отличается от соединения формулы I и соединения формулы II. Со-собиратель может быть, например, катионным, неионным или анионным, предпочтительно катионным или неионным, крайне предпочтительно, катионным.

Катионный со-собиратель представляет собой, например, вторичный или третичный C₉-C₁₈ алкиламин, который отличается от соединения формулы I, 2-(C₉-C₁₈ алкиламино)этил-1-амин, N¹-(C₉-C₁₈ алкил) пропан-1,3-диамин, 3-(C₉-C₁₈ алкокси)пропил-1-амин, N¹-(3-(C₉-C₁₈ алкокси)пропил)пропан-1,3-диамин. Неионный совместный собиратель представляет собой, например, разветвленный C₉-C₁₅ алкиловый спирт или разветвленный этоксилированный C₉-C₁₅ алкиловый спирт, который этоксилирован 2-4 молями этиленоксида. При использовании со-собирателя в качестве вспомогательного средства для флотации, со-собиратель можно добавить вместе с первым амином (А) и вторым амином (В). В этом случае данная часть этапа (b) происходит одновременно с этапом (с). По-прежнему привлекательным является ситуация, когда способ не требует добавления со-собирателя.

Предпочтительным является способ, когда на этапе (b) добавляют одно или более вспомогательных средств для флотации, причем одно из вспомогательных средств для флотации представляет собой подавитель, регулятор пенообразования, со-собиратель или масло-наполнитель.

Предпочтительным является способ, при котором в качестве вспомогательного средства для флотации добавляют подавитель, и подавитель представляет собой крахмал.

В способе получения концентрата может использоваться обычное оборудование для обратной флотации. Предпочтительно, первый амин (А) и, при необходимости, вспомогательное вещество для флотации, которое представляет собой со-собиратель, добавляют к водной пульпе, которая уже находится во флотационной камере, используемой для аэрации смеси на этапе (d). Предпочтительно, первый амин (А) второй амин (В) и, при необходимости, вспомогательное вещество для флотации, которое представляет собой со-собиратель, добавляют к водной пульпе, которая уже находится во флотационной камере, используемой для аэрации смеси на этапе (d).

После добавления первого амина (А) к водной пульпе, полученную водную смесь предпочтительно выдерживают в течение периода кондиционирования, в частности, при перемешивании, до аэрирования водной смеси. В результате этого при использовании первого амина (А) и, при необходимости, вспомогательного

вещества для флотации, которое представляет собой совместный собиратель, осуществляется кондиционирование руды, в частности, частиц руды, в водной смеси. Аналогичным образом, после добавления первого амина (А) и второго амина (В) к водной пульпе, полученную водную смесь предпочтительно выдерживают в течение периода кондиционирования, в частности, при перемешивании, до аэрирования водной смеси. В результате этого при использовании первого амина (А) и второго амина (В) и, при необходимости, вспомогательного вещества для флотации, которое представляет собой совместный собиратель, осуществляется кондиционирование руды, в частности, частиц руды, в водной смеси. Продолжительность периода кондиционирования может составлять, например, одну минуту или до 10 - 15 минут.

При аэрировании водной смеси воздух, как правило, подается в нижнюю часть флотационной камеры. Образуются пузырьки воздуха, которые поднимаются к поверхности с образованием на поверхности пены. Подача воздуха может продолжаться до тех пор, пока не прекратится пенообразование. Это может длиться, например, одну минуту или 15-20 минут. Пену удаляют.

Для производства концентрата, обогащенного железосодержащими минералами, аэрирование обычно прекращают. Концентрат, богатый железосодержащим минералом, как правило, опускается на дно флотационной камеры.

В некоторых случаях может быть целесообразно повторно обработать концентрат, обогащенный железосодержащими минералами, аналогичным образом. Например, могут повторяться этапы (с) и (d): перед этапом (е) осуществляется этап (d-c), а за ним следует этап (d-d).

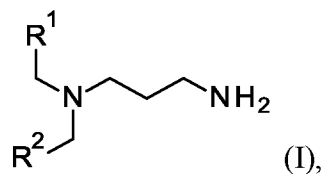
Концентрат, богатый железосодержащим минералом, предпочтительно содержит не менее 60 мас.% атомов Fe от общей массы концентрата, богатого железосодержащим минералом, крайне предпочтительно 65 мас.%. Вес атомов Fe означает массовое содержание железа. Концентрат, богатый железосодержащим минералом, содержит предпочтительно менее 2 мас.% SiO₂ из расчета на общую массу концентрата, богатого железосодержащим минералом, крайне предпочтительно менее 2,1 мас.%, особенно предпочтительно 2,0% или менее 1,9 мас.% SiO₂. Концентрат, богатый железосодержащим минералом,

предпочтительно содержит не менее 60 мас.% атомов Fe и менее 2,5 мас.% SiO₂ из расчета на общую массу концентрата, богатого железосодержащим минералом, крайне предпочтительно, минимум 65 мас.% атомов Fe и менее 2,1 мас.% SiO₂.

Описанные выше предпочтения относительно способа получения концентрата с добавлением первого амина (A) и предпочтительно первого амина (A) и второго амина (B) описаны для рассматриваемого способа. Эти предпочтения также применимы к дополнительному варианту осуществления изобретения.

Еще одним вариантом осуществления изобретения является использование первого амина (A) в качестве флотационного собирателя для производства концентрата, обогащенного железосодержащими минералами из руды, содержащей железосодержащий минерал и силикат, путем обратной флотации, отличающимся тем, что первый амин это

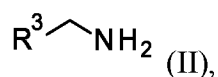
(A) соединение формулы I



где R¹ и R² независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил, пентил, гексил, гептил или 2-метилгексил, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь.

Предпочтительно способ применения включает добавление первого амина в приготовленную водную пульпу руды и, при необходимости, в одно или более вспомогательных средств флотации, с получением водной смеси.

Предпочтительным является способ применения, отличающийся тем, что комбинацию первого амина (A) и второго амина (B) используют в качестве флотационного собирателя для производства концентрата, обогащенного железосодержащими минералами из руды, содержащей железосодержащий минерал и силикат, путем обратной флотации, и второй амин (B) представляет собой соединение формулы (II)



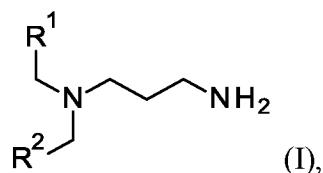
где R^3 – это C_5-C_{17} алкил, который является разветвленным или линейным, или C_5-C_{17} алкенил, который является разветвленным или линейным, соль протонированного соединения формулы II и второй анион или их смесь.

Соответственно, первый амин (А) и второй амин (В) предпочтительно используют вместе в качестве флотационного собирателя.

Предпочтительно способ применения включает добавление первого амина и второго амина в приготовленную водную пульпу руды и, при необходимости, в одно или более вспомогательных средств флотации, с получением водной смеси.

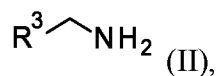
Еще одним вариантом осуществления изобретения является композиция для применения в качестве флотационного собирателя, содержащая

(А) первый амин, который представляет собой соединение формулы I



где R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил, пентил, гексил, гептил или 2-метилгексил, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь, и

(В) второй амин, который представляет собой соединение формулы II



где R^3 – это C_5-C_{17} алкил, который является разветвленным или линейным, или C_5-C_{17} алкенил, который является разветвленным или линейным, соль протонированного соединения формулы II и первый анион или их смесь,

отличающаяся тем, что массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 0,2 до 1.

Предпочтительно композиция для применения в качестве флотационного собирателя по настоящему изобретению является водорастворимой композицией.

Предпочтительной является композиция для применения в качестве флотационного собирателя, отличающаяся тем, что сумма масс первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 50 мас.% до 100 мас.% из расчета на общую массу композиции.

Настоящее изобретение поясняется следующими Примерами, которые не носят ограничительного характера. Если не указано иное, процентные значения означают процент по массе.

А) применяемые химические вещества

А-1: Flotigam EDA (RTM, Clariant Ltd), разветвленный C₉-C₁₂ эфирмоноамин ацетат

А-2: 2-этилгексан-1-амин [№CAS 104-75-6], 50 мол.% нейтрализован уксусной кислотой [соль уксусной кислоты № CAS 67785-97-1]

А-3: N',N'-дибутилпропан-1,3-диамин [№ CAS 102-83-0], 50 мол.% нейтрализован уксусной кислотой

А-4: смесь 75 мас.% А-2 и 25 мас.% А-3

А-5: N',N'-дибутилэтан-1,2-диамин [№ CAS 3529 - 07-7], 50 мол.% нейтрализован уксусной кислотой

А-6: 3-(N-октиламино)пропил-1-амин [№ CAS 7173-57-1]

St-1: каустицированный крахмал

В химический стакан на 600 мл добавляют 6 г кукурузного крахмала и 52 г дистиллированной воды. Добавляют 2 г водного раствора NaOH 50 мас.% и быстро перемешивают в течение 10 минут, пока он не приобретет вид геля. К смеси добавляют 140 г дистиллированной воды и в течение 5 минут проводят гомогенизацию магнитной мешалкой.

В) Расчет селективности

Мерой селективности по ценному минералу и по пустой породе может быть эффективность разделения (SE), определяемая как $SE = R_v - R_G$, где R_v – это коэффициент извлечения ценного элемента, а R_G – это коэффициент извлечения пустой породы, как описано в разделе «Эффективность разделения», Норман Ф. Шульц, Общество горных инженеров Американского института горных

инженеров, препринт № 69 - В-44, документ для представления на ежегодном собрании Американского института горных, металлургических и нефтяных инженеров, Вашингтон, округ Колумбия, 1969 г. (имеется в наличии в цифровой форме, например, по адресу www.911metallurgist.com/separation-efficiency/). Такой же расчет можно выполнить на основе анализа элементов концентрата и хвостовой фракции и представленного как

$$SE = 100 \frac{c_m}{f} \left[\frac{(f-t)(c-f)}{(c-t)(c_m-f)} \right] = 100 \frac{f-t}{c-t} \left[\frac{c}{f} - \frac{c_m-c}{c_m-f} \right],$$

где

c: атомное содержание целевого элемента [мас. %] в концентрате

c_m : атомное содержание целевого элемента [мас. %] в концентрируемом минерале

f: атомное содержание целевого элемента [мас. %] в подаваемом сырье

t: атомное содержание целевого элемента [мас. %] в хвостовой фракции

Значение показателя Эффективности разделения при идеальном разделении равно 100, однако реальные значения ниже. Чем ближе это значение к 100, тем лучше разделение и коэффициент извлечения ценного элемента.

В случае с итабиритовой рудой целевым элементом является железо (Fe), а концентрируемым минералом – гематит Fe_2O_3 с атомным содержанием железа в минерале 69,9%. Пустая порода в итабиритовой руде состоит преимущественно из кварца (SiO_2), который определяется как Si с помощью дисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии по длине волны и пересчитывается как SiO_2 в концентрате. Для расчета показателя Эффективности разделения используют только содержание железа во фракции.

С) Флотация

С-1: флотация железной руды первого итабиритового типа

Железную руду первого итабиритового типа (45,03 мас. % Fe и 35,36 мас. % SiO_2), в которой железо в основном содержится в виде гематита, измельчают до гранулометрического состава, показанного в Таблице С-1-1.

Таблица С-1-1: гранулометрический состав измельченной железной руды итабиритового типа

фракционный состав (мкм)	>150	150-106	105-76	75-38	<38
массовая фракция [%]	6.4	10.1	18.8	16.8	47.9

500 г измельченной железной руды итабиритового типа и 400 мл дистиллированной воды помещают во флотационную камеру объемом 1,5 л во флотационной машине CDC и перемешивают при 1000 об/мин. Суспензию кондиционируют раствором каустицированного крахмала St-1, который соответствует 665 г крахмала на тонну сухой руды, в течение 5 мин. Далее pH повышают до 10,2 с помощью водного раствора 5 мас.% NaOH. Затем к суспензии добавляют 7,5 г водного 1 мас.% раствора собирателя, указанного в Таблице С-1-2, что соответствует 150 г на тонну сухой руды, и кондиционируют в течение 1 мин. После кондиционирования добавляют еще 550 мл дистиллированной воды и суспензию аэрируют со скоростью 1 л/мин до завершения флотации (3 мин). Пенную фракцию собирают, после чего прекращают аэрацию. Уровень воды поддерживается одинаковым в течение всего времени флотации. Оставшуюся в камере фракцию (далее описывается как концентрат) и отделенную пену сушат в печи при 100°C, взвешивают, гомогенизируют и с использованием дисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии по длине волны определяют в них содержание Fe и Si в матрице с литий-боратными таблетками. Содержание Si фиксируется как SiO₂. Результаты приведены в Таблице С-1-2.

Таблица С-1-2:

Пример №	Собиратель	Кол-во собирателя [г/т]	Кол-во каустицированного кукурузного крахмала St-1 [г/т]	Кoeff. извлечения Fe ^{с)} [атомная масса Fe в %]	Степень конц. Fe ^{д)} [атомная масса Fe в %]	Кoeff. извлечения Si ^{е)} [атомная масса Si в %]	Степень конц. SiO ₂ ^{д)} [масса SiO ₂ в %]	Эффективность разделения (%)
С-1-1 ^{а)}	А-1	150	665	65	68	1.5	1.3	64
С-1-2 ^{а)}	А-2	150	665	61	69	1.0	0.9	62
С-1-3 ^{б)}	А-3	150	665	77	68	1.6	1.1	75
С-1-4 ^{б)}	А-4	150	665	88	66	2.0	1.4	82

- Сноски:
- а) сравнительный
 - б) согласно изобретению
 - с) Коэффициент извлечения – это отношение между общим количеством атомов Fe, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Fe, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала.
 - д) Степень концентрации Fe означает содержание атомов Fe в оставшейся в камере фракции
 - е) Коэфф. извлечения Si – это отношение между общим количеством атомов Si, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Si, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала
 - ф) Степень концентрации SiO₂ означает содержание SiO₂ в оставшейся в камере фракции

Результаты в Таблице С-1-2 показывают, что Пример С-1-4 с двумя собирателями демонстрирует значительно более высокий коэффициент извлечения Fe, который намного выше, чем можно было бы ожидать, исходя из значений коэффициента извлечения Fe по отдельным собирателям в Примерах С-1-2 и С-1-3. Кроме того, содержание SiO₂ остается на низком уровне, в диапазоне, который ожидался по двум одиночным собирателям. Это примечательно с учетом

значительного повышения коэффициента извлечения Fe и обеспечивает наилучший показатель эффективности разделения. Пример С-1-3, в котором используют один собиратель, демонстрирует отличную эффективность разделения.

С-2: флотация железной руды второго итабиритового типа

Железную руду второго итабиритового типа (38,4 мас.% Fe и 41,0 мас.% SiO₂), в которой железо в основном содержится в виде гематита, измельчают до гранулометрического состава, показанного в Таблице С-2-1.

Таблица С-2-1: гранулометрический состав измельченной железной руды итабиритового типа

фракционный состав [мкм]	>400	400-213	212-151	150-107	106-64	63-38	<38
мас. фракция [%]	0.7	0.3	3.9	8.1	21.2	25.0	40.8

500 г измельченной железной руды итабиритового типа и 400 мл водопроводной воды из Людвигсхафена помещают во флотационную камеру объемом 1,2 л во флотационной машине Denver D12 и перемешивают при 1200 об/мин. Суспензию кондиционируют раствором каустицированного крахмала St-1, который соответствует 560 г крахмала на тонну сухой руды, в течение 5 мин. Далее рН повышают до 10,5 с помощью водного раствора 10 мас.% NaOH. Затем к суспензии добавляют 3,75 г водного 1 мас.% раствора собирателя, указанного в Таблице С-2-2, что соответствует 75 г на тонну сухой руды, и кондиционируют в течение 3 мин. После кондиционирования добавляют еще 250 мл водопроводной воды из Людвигсхафена и суспензию аэрируют со скоростью 100 л/ч до завершения флотации (3 мин). Пенную фракцию собирают, после чего прекращают аэрацию. Уровень воды поддерживается одинаковым в течение всего времени флотации. Показатель рН доводят до 10,5 с помощью водного раствора NaOH 10 мас.%. К суспензии в указанном выше порядке добавляют 1,25 мл раствора собирателя, что соответствует 25 г собирателя на тонну исходной сухой руды. Последующая аэрация со скоростью 100 л/ч приводит к флотации дополнительной пенной фазы, которая собирается в поддоне для свежего материала.

Оставшуюся в камере фракцию (концентрат) и отделенные пенные фракции сушат в печи при 70°C, взвешивают, гомогенизируют и с использованием дисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии по длине волны определяют в них содержание Fe и Si в матрице с литий-боратными таблетками. Содержание Si фиксируется как SiO₂. Результаты приведены в Таблице С-2-2.

Таблица С-2-2:

Пример №	Собиратель	Кол-во собирателя [г/т]	Кол-во каустицированного кукурузного крахмала St-1 [г/т]	Fe извлечение ^{с)} [атомная масса Fe в %]	Fe Степень конц. ^{д)} [атомная масса Fe в %]	Si извлечение в концентрат ^{е)} [[атомная масса Si в %]	SiO ₂ Степень конц. ^{ф)} [масса SiO ₂ в %]	Эффективность разделения [%]
С-2-1 ^{а)}	А-1	75 + 25	560	82	66	0.5	0.5	76
С-2-2 ^{а)}	А-2	75 + 25	560	85	63	10.0	8.1	73
С-2-3 ^{б)}	А-3	75 + 25	560	83	66	0.5	0.4	78
С-2-4 ^{б)}	А-4	75 + 25	560	87	66	1.6	1.4	81

- Сноски:
- а) сравнительный
 - б) согласно изобретению
 - с) Коэффициент извлечения – это отношение между общим количеством атомов Fe, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Fe, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала.
 - д) Степень концентрации Fe означает содержание атомов Fe в оставшейся в камере фракции
 - е) Коэфф. извлечения Si – это отношение между общим количеством атомов Si, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Si, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала
 - ф) Степень концентрации SiO₂ означает содержание SiO₂ в оставшейся в камере фракции

Результаты в Таблице С-2-2 показывают, что Пример С-2-4 с двумя собирателями демонстрирует более высокий коэффициент извлечения Fe, который

выше, чем можно было бы ожидать, исходя из значений коэффициента извлечения Fe по отдельным собирателям в Примерах С-2-2 и С-2-3. Кроме того, содержание SiO₂ остается на низком уровне, чего нельзя было ожидать от одиночного собирателя А-2 в Примере С-2-2. Это примечательно с учетом повышения коэффициента извлечения Fe и обеспечивает наилучший показатель эффективности разделения. Пример С-2-3, в котором используют один собиратель, демонстрирует отличную эффективность разделения.

С-3: флотация железной руды третьего итабиритового типа

Железную руду третьего итабиритового типа (40,3 мас.% Fe и 40,6 мас.% SiO₂), содержащую небольшие количества мусковита (KAl₂(OH,F)₂[AlSi₃O₁₀]) и каолинита (Al₄[(OH)₈[Si₄O₁₀]]), в которой железо в основном содержится в виде гематита, измельчают до гранулометрического состава, показанного в Таблице С-3-1.

Таблица С-3-1: гранулометрический состав измельченной железной руды итабиритового типа

фракционный состав [мкм]	>400	400-213	212-151	150-107	106-64	63-38	<38
мас. фракция [%]	<0.1	1.8	6.1	9.2	20.7	22.0	40.1

500 г измельченной железной руды и 400 мл водопроводной воды из Людвигсхафена помещают во флотационную камеру из прозрачного плексигласа объемом 1,2 л во флотационной машине Denver D12 и перемешивают при 1200 об/мин. Суспензию кондиционируют раствором каустицированного крахмала St-1, который соответствует 560 г крахмала на тонну сухой руды, в течение 5 мин. Далее рН повышают до 9,8 с помощью водного раствора 10 мас.% NaOH. Затем к суспензии добавляют 3,75 г водного 1 мас.% раствора собирателя, указанного в Таблице С-3-2, что соответствует 75 г на тонну сухой руды, и кондиционируют в течение 3 мин. После кондиционирования добавляют еще 250 мл водопроводной воды из Людвигсхафена и суспензию аэрируют со скоростью 100 л/ч до завершения флотации (3 мин). Пенную фракцию собирают на поддоне. Показатель рН контролируют и поддерживают в диапазоне от 9,4 до 9,7 путем добавления по мере

необходимости по каплям водного раствора NaOH 10 мас.%. Уровень воды поддерживается приблизительно одинаковым в течение всего времени флотации. После завершения пенообразования pH доводят до 9,8 с помощью водного раствора NaOH 10 мас.%. В пульпу добавляют 1,25 мл 1 мас.% водного раствора собирателя, указанного в Таблице С-3-2, что соответствует 25 г на тонну исходной сухой руды, и кондиционируют при 1200 об/мин в течение 1 мин. Затем пену аэрируют со скоростью 100 л/ч до завершения флотации (около 2.5 мин.). Аэрацию прекращают. Оставшуюся в камере фракцию (концентрат) и объединенные пенные фракции сушат в печи при 70°C, взвешивают, гомогенизируют и с использованием дисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии по длине волны определяют в них содержание Fe и Si в матрице с литий-боратными таблетками. Содержание Si фиксируется как SiO₂. Результаты приведены в Таблице С-3-2.

Таблица С-3-2:

Пример №	Собиратель	Кол-во собирателя [г/т]	Кол-во каустицированного кукурузного крахмала St-1 [г/т]	Fe извлечение ^{с)} [атомная масса Fe в %]	Fe Степень конц. ^{д)} [атомная масса Fe в %]	Si извлечение в концентрат ^{е)} [[атомная масса Si в %]	SiO ₂ степень конц. ^{ф)} [масса SiO ₂ в %]	Эффективность разделения [%]
С-3-1 ^{б)}	А-3	75 + 25	560	77	68	1.0	0.9	74
С-3-2 ^{а)}	А-5	75 + 25	560	69	67	3.9	3.7	65

- Сноски:
- а) сравнительный
 - б) согласно изобретению
 - с) Коэффициент извлечения – это отношение между общим количеством атомов Fe, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Fe, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала.
 - д) Степень концентрации Fe означает содержание атомов Fe в оставшейся в камере фракции
 - е) Коэфф. извлечения Si – это отношение между общим количеством атомов Si, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Si, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала

f) Степень концентрации SiO_2 означает содержание SiO_2 в оставшейся в камере фракции

Результаты в Таблице С-3-2 показывают, что Пример С-3-1, в котором используют один собиратель А-3, демонстрирует повышенный коэффициент извлечения Fe по сравнению с Примером С-3-2, в котором используют один собиратель А-5. Также, здесь ниже содержание SiO_2 . Оба способствуют повышению эффективности разделения. Это примечательно, учитывая тот факт, что структурное различие между А-3 и А-5 состоит только в дополнительном блоке CH_2 в А-3, т.е. А-3 представляет собой производное пропилен-1,3-диамина, а А-5 представляет собой производное этилен-1,2-диамина.

С-4: флотация железной руды четвертого итабиритового типа

Железную руду четвертого итабиритового типа (41,9 мас.% Fe и 41,0 мас.% SiO_2), содержащую небольшое количество мусковита и каолинита (<2% по каждому), в которой железо в основном содержится в виде гематита, измельчают до гранулометрического состава, показанного в Таблице С-4-1.

Таблица С-4-1: гранулометрический состав измельченной железной руды итабиритового типа

фракционный состав [мкм]	400-213	212-151	150-107	106-90	89 - 64	63-38	<38
мас. фракция [%]	1.8	6.1	9.2	5.3	15.4	22	40.1

500 г измельченной железной руды и 400 мл водопроводной воды из Людвигсхафена помещают во флотационную камеру из прозрачного плексигласа объемом 1,2 л во флотационной машине Denver D12 и перемешивают при 1200 об/мин. Согласно представленной выше рецептуре приготовления суспензию кондиционируют раствором каустицированного крахмала, который соответствует 560 г крахмала на тонну твердой руды, в течение 5 мин. Далее рН повышают до 9,8 с помощью водного раствора 10 мас.% NaOH. Затем к суспензии добавляют 1 мас.% водного раствора собирателя и кондиционируют в течение 3 мин. После кондиционирования добавляют еще 250 мл водопроводной воды из Людвигсхафена и суспензию аэрируют со скоростью 100 л/ч до завершения

флотации (3 мин). Пенную фракцию собирают на поддоне. Показатель pH контролируют и поддерживают в диапазоне от 9,4 до 9,7 путем добавления по мере необходимости по каплям раствора NaOH 10 мас.%. Уровень воды поддерживается приблизительно одинаковым в течение всего времени флотации. После завершения пенообразования аэрацию прекращают. Оставшуюся в камере фракцию (далее описывается как концентрат) и пенную фракцию сушат в печи при 70°C, взвешивают, гомогенизируют и с использованием дисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии по длине волны определяют в них содержание Fe и Si в матрице с литий-боратными таблетками. Содержание Si фиксируется как SiO₂. Результаты приведены в Таблице С-4-2.

Таблица С-4-2:

Пример №	Собиратель	Кол-во собирателя [г/т]	Кол-во каустицированного кукурузного крахмала St-1 [г/т]	Кэфф. извлечения Fe ^{с)} [атомная масса Fe в %]	Степень конц. Fe в камере ^{d.1)} [атомная масса Fe в %]	Степень конц. Fe в хвостовой фракции ^{d.2)} [атомная масса Fe в %]	Кэфф. извлечения Si с переходом в концентрат ^{е)} [атомная масса Si в %]	Степень конц. SiO ₂ ^{ф)} [масса SiO ₂ в %]	Эффективность разделения (%)
С-4-1 ^{b)}	А-3	75	560	83.0	66.8	13.2	1,6	1,4	72,8.
С-4-2 ^{b)}	А-4	75	560	86.9	65.76	10.02	12,4	9,2	81.0
С-4-3 ^{a)}	А-5	75	560	74.5	65.30	19.28	7,1	6,1	66.9
С-4-4 ^{a)}	А-6	75	560	37.1	68.63	34.13	~0	0,2	29.7

Сноски:

- a) сравнительный
- b) согласно изобретению
- с) Коэффициент извлечения – это отношение между общим количеством атомов Fe, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Fe, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала.
содержится в руде, используемой в качестве исходного материала
- d.1) Степень концентрации Fe означает содержание атомов Fe в оставшейся в камере фракции
- d.2) Степень концентрации Fe означает содержание атомов Fe в хвостовой фракции
- е) Коэфф. извлечения Si – это отношение между общим количеством атомов Si, содержащимся в оставшейся в камере фракции, и общим количеством атомов Si, содержащимся в руде, используемой в качестве исходного материала
- ф) Степень концентрации SiO₂ означает содержание SiO₂ в оставшейся в камере фракции

Результаты в Таблице С-4-2 показывают, что Пример С-4-1, в котором используют один собиратель А-3, демонстрирует повышенный коэффициент извлечения Fe по сравнению с Примером С-4-3, в котором используют один собиратель А-5. Также, здесь ниже содержание SiO_2 . Оба способствуют повышению эффективности разделения. Как уже упоминалось выше для Примера С.3, это примечательно с учетом различия по структуре между А-3 и А-5. Кроме того, А-6 является мощным, но при этом неселективным собирателем кремнезема, что приводит к получению высококачественного концентрата железа, но при этом имеют место крайне высокие потери железа в хвостах.

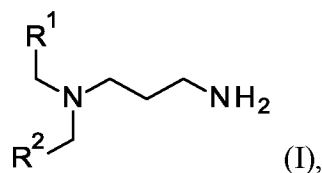
Формула изобретения

1. Способ производства концентрата, обогащенного железосодержащим минералом, из руды, которая содержит железосодержащий минерал и силикат, путем обратной флотации, причем такой способ включает этап

- (с) добавления первого амина в приготовленную водную пульпу руды и, при необходимости, в одно или более вспомогательных средств флотации, с получением водной смеси,

отличающийся тем, что первый амин представляет собой

- (А) соединение формулы I

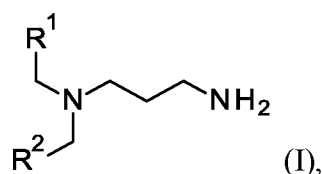


в которой R¹ и R² независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил, пентил, гексил, гептил или 2-метилгексил, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь.

2. Способ по п. 1, который включает следующие этапы:

- (а) предоставление руды, которая содержит железосодержащий минерал и силикат,
(б) приготовление из предоставленной руды водной пульпы путем добавления воды и, при необходимости, одного или более вспомогательных средств флотации,
(с) добавление

(А) первого амина, который представляет собой соединение формулы I

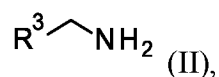


где R¹ и R² независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил, пентил, гексил, гептил или 2-

метилгексил, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь, к приготовленной водной пульпе руды и, при необходимости, одному или более вспомогательным средствам флотации, с получением водной смеси,

- (d) аэрирование водной смеси во флотационной камере с образованием пены, которая обогащена силикатом, и удаление образовавшейся пены из флотационной камеры,
- (e) получение концентрата, обогащенного железосодержащими минералами, из флотационной камеры.

3. Способ по п. 1 или 2, **отличающийся тем**, что на этапе (с) также добавляют второй амин, который представляет собой
- (B) соединение формулы II



где R^3 представляет собой $\text{C}_5\text{-C}_{17}$ -алкил, который является разветвленным или линейным, или $\text{C}_5\text{-C}_{17}$ -алкенил, который является разветвленным или линейным, соль протонированного соединения формулы II и второй анион или их смесь.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что R^1 и R^2 независимо друг от друга означают метил, этил, пропил, 1-метил-этил, бутил или пентил.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что R^1 и R^2 имеют одинаковое значение.

6. Способ по любому из пп. 3 - 5, **отличающийся тем**, что R^3 означает $\text{C}_7\text{-C}_{12}$ -алкил, который является разветвленным или линейным.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что R^1 и R^2 означают пропил.

8. Способ по любому из пп. 3 - 7, **отличающийся тем**, что R^3 представляет собой 1-этил-пентил.

9. Способ по любому из пп. 3 - 8, **отличающийся тем**, что на этапе с) массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 0,1 до 10.

10. Способ по п. 9, **отличающийся тем**, что на этапе с) массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 0,2 до 1.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что первый анион представляет собой C_1 - C_{18} -карбоксилат, фторид, хлорид, бромид, йодид, сульфат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат, нитрат, гидрофторсиликат, фторсиликат или их смесь.

12. Способ по любому из пп. 3 - 11, **отличающийся тем**, что второй анион представляет собой C_1 - C_{18} -карбоксилат, фторид, хлорид, бромид, йодид, сульфат, гидросульфат, сульфат, дигидрофосфат, гидрофосфат, фосфат, нитрат, гидрофторсиликат, фторсиликат или их смесь.

13. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что первый амин (А) добавляют в количестве в диапазоне от 10 до 500 г на тонну руды.

14. Способ по любому из пп. 3 - 13, **отличающийся тем**, что сумма масс первого амина (А) и второго амина (В) добавляют в количестве от 10 до 500 г на тонну руды.

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что значение рН на этапе (с) составляет от 8 до 12.

16. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что руда содержит атомы железа в диапазоне от 20% мас.% до 55% мас.% из расчета на массу руды.

17. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что все железосодержащие минералы в руде являются несulfидными железосодержащими минералами.

18. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что железосодержащий минерал в руде содержит оксид железа.

19. Способ по п. 18, **отличающийся тем**, что железосодержащий минерал содержит гематит, магнетит или гетит или смесь двух или трех из них.

20. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что на этапе (b) добавляют одно или более вспомогательных средств для флотации, причем одно из вспомогательных средств для флотации представляет собой подавитель, регулятор пенообразования, со-собиратель или масло-наполнитель.

21. Способ по п. 20, **отличающийся тем**, что в качестве вспомогательного средства для флотации добавляют подавитель, и подавитель представляет собой крахмал.

22. Применение первого амина (А) в качестве флотационного собирателя для производства концентрата, обогащенного железосодержащими минералами из руды, содержащей железосодержащий минерал и силикат, путем обратной флотации, **отличающееся тем**, что первый амин (А) представляет собой соединение формулы I, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь, как определено в п. 1.

23. Применение по п. 22, **отличающееся тем**, что комбинацию первого амина (А) и второго амина (В) используют в качестве флотационного собирателя для производства концентрата, обогащенного железосодержащими минералами из руды, содержащей железосодержащий минерал и силикат, путем обратной флотации, и второй амин (В) представляет собой соединение формулы (II), соль протонированного соединения формулы II или их смесь, как определено в п. 3.

24. Неклейкая композиция для применения в качестве флотационного собирателя, содержащая

(А) первый амин, представляющий собой соединение формулы I, соль протонированного соединения формулы I и первый анион или их смесь, как определено в п. 1, и

(В) второй амин, представляющий собой соединение формулы II, соль протонированного соединения формулы II и первый анион или их смесь, как определено в п. 3,

отличающаяся тем, что массовое соотношение первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 0,2 до 1.

25. Композиция по п. 24, **отличающаяся тем,** что композиция для применения в качестве флотационного собирателя представляет собой водорастворимую композицию.

26. Композиция по п. 24 или 25, **отличающаяся тем,** что сумма масс первого амина (А) и второго амина (В) находится в диапазоне от 50 мас.% до 100 мас.% из расчета на общую массу композиции.