

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202392222** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки  
2023.12.22

(51) Int. Cl. *B03C 1/01* (2006.01)  
*B03C 1/02* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.03.03

---

(54) **МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ЧАСТИЦ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ  
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

---

(31) 21160885.6

(32) 2021.03.05

(33) EP

(86) PCT/EP2022/055380

(87) WO 2022/184817 2022.09.09

(71) Заявитель:  
БАСФ SE (DE)

(72) Изобретатель:

Кун Оливер (LU), Эттмюллер Дитер,  
Джон Петра, Роде Вольфганг (DE)

(74) Представитель:

Беляева Е.Н. (BY)

---

(57) Настоящее изобретение касается способа отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает, по меньшей мере, этап (D) диспергирования магнитной фракции I, которая содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал, в дисперсионной среде II, которая содержит воду и специфическое поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II, и этап (E) отделения от дисперсии II немагнитной фракции II, которая содержит, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал.

202392222

A1

A1

202392222

## **Магнитная сепарация частиц при поддержке специальных поверхностно-активных веществ**

### **ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Настоящее изобретение касается способа отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает, по меньшей мере, этап (D) диспергирования магнитной фракции I, которая содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал, в дисперсионной среде II, которая содержит воду и специфическое поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II, и этап (E) отделения от дисперсии II немагнитной фракции II, которая содержит, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал.

### **УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ**

В документах известного уровня техники описано несколько способов отделения целевого материала от смеси, содержащей указанный целевой материал, а, помимо этого, и нецелевые материалы.

WO 2011/064757 A1 касается способа отделения, по меньшей мере, одного первого материала от смеси, содержащей этот, по меньшей мере, один первый материал и, по меньшей мере, один второй материал, с использованием магнитных частиц, с которыми, по меньшей мере, один первый материал агломерируется. Агломерат, содержащий, по меньшей мере, один первый материал и магнитные частицы, обрабатывается поверхностно-активным веществом. Тем не менее, поверхностно-активные вещества широко описаны в литературе.

WO 2016/083491 A1 касается способа отделения, по меньшей мере, одного материала, содержащего ценное вещество, от дисперсии, которая содержит указанный, по меньшей мере, один материал, содержащий ценное вещество, и, по меньшей мере, один второй материал. Использование биоразлагаемого и/или неионогенного ПАВ для расщепления агломератов описано как один из нескольких способов.

Способы отделения целевого материала с содержанием ценного вещества от смеси, содержащей указанный целевой материал и дополнительные нецелевые материалы, которые описаны в документах предшествующего уровня техники, все еще можно улучшить в части выхода целевого ценного материала и/или качества полученного целевого ценного материала в агломератах, содержащих целевой ценный материал. Улучшение выхода или качества целевого ценного материала достигается за счет повышения эффективности разгрузки загруженных магнитных фракций, т.е. отделения агломератов целевого материала с содержанием ценного вещества от магнитных частиц.

Агломераты разделяют на немагнитную фракцию без магнитных частиц и магнитную фракцию с магнитными частицами. Вся технологическая цепочка извлечения ценного вещества значительно улучшается, если разгрузка, которая происходит на последнем этапе процесса отделения, по меньшей мере, одного материала с содержанием ценного вещества происходит с высокой эффективностью. Под высокой эффективностью следует понимать высокую степень восстановления, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала из исходных агломератов целевого материала с содержанием ценного вещества и магнитных частиц. Соответственно, целевой материал с содержанием ценного вещества, который содержится в агломератах целевого материала, содержащего ценное вещество, и магнитных частиц, при разделении смещается в сторону немагнитной фракции. Следовательно, магнитная фракция в идеале после выгрузки должна не содержать или содержать лишь крайне небольшое количество целевого материала с содержанием ценных веществ.

Следовательно, целью согласно настоящему заявленному изобретению является повышение степени извлечения целевого материала с содержанием ценного вещества из агломератов целевого материала, содержащего ценное вещество, и магнитных частиц, что может осуществляться при небольших количествах поверхностно-активных веществ и при высокой концентрации целевого материала с содержанием ценного вещества.

## КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Поставленная задача решается за счет использования специфических алкилэтоксилатов и алкилалкоксиэтоксилатов для расщепления агломератов целевого материала с содержанием ценного вещества и магнитных частиц.

Следовательно, в одном аспекте, заявляемое в настоящее время изобретение направлено на способ отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает следующие этапы:

- (A) получение дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества, и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II; и
- (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал; причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из
  - (i) алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1-OH$   $x1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1-OH$ , причем

$R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или C11-C18 разветвленный или линейный незамещенный алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и

- (ii) алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $u_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и

$u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

В другом аспекте, заявляемое в настоящее время изобретение направлено на применение, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- (i) алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем

$R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и

- (ii) алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $u_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и  $u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В отношении описания заявленных композиций и составов по изобретению необходимо понимать, что настоящее изобретение не ограничено конкретными описанными композициями и составами, поскольку очевидно, что такие композиции и составы могут варьироваться. Также необходимо понимать, что используемая в настоящем документе терминология не ограничивает объем настоящего изобретения. Объем настоящего изобретения ограничен лишь пунктами формулы изобретения.

Термины «содержащий», «содержит» и «состоящий из», при использовании по тексту настоящего документа являются синонимами слов «включающий» и «включает», и являются включающими или открытыми и не исключают дополнительных, не перечисленных составляющих, элементы или этапов осуществления способа. Следует понимать, что термины «содержащий», «содержит» и «состоящий из» при использовании по тексту настоящего документа включают термины «состоящий», «состоит» и «состоит из».

Кроме того, термины «первый», «второй», «третий» или «a», «b», «c» и т. д. в описании и формуле изобретения используются для различения одинаковых элементов, но не обязательно для описания последовательного или хронологического порядка. Следует понимать, что термины, используемые таким образом, при соответствующих обстоятельствах являются взаимозаменяемыми, и

что описанные в настоящем документе варианты осуществления настоящего изобретения могут применяться в других последовательностях, отличных от описанных в настоящем документе. Если выше или ниже по тексту заявки не указано иное, то, если термины «первый», «второй», «третий» или «(A)», «(B)» и «(C)» или «(a)», «(b)», «(c)», «(d)», «i», «ii» и т. д. относятся к этапам способа или применения или анализа, между этапами нет связи по времени или временному интервалу, то есть этапы могут выполняться одновременно или между такими этапами могут присутствовать временные интервалы длительностью, измеряемой в секундах, минутах, часах, днях, неделях, месяцах или даже годах.

В следующих абзацах различные аспекты изобретения разъясняются более подробно. Если напрямую не указано иное, каждый такой определенный аспект может объединяться с любым другим аспектом или аспектами. В частности, любой признак, в отношении которого указано, что он является предпочтительным или преимущественным, может комбинироваться с любым другим признаком или признаками, в отношении которых указано, что они являются предпочтительными или преимущественными.

Если в настоящем описании упоминается «один вариант осуществления», это означает, что определенный признак, структура или характеристика, которые описаны в связи с такими вариантами осуществления, включаются, по меньшей мере, в один вариант осуществления настоящего изобретения. Таким образом, при появлении фраз «в одном предпочтительном варианте осуществления» или «в варианте осуществления» в различных местах по тексту данного описания они не обязательно относятся к одному и тому же варианту осуществления, но могут и относиться к нему. Кроме того, как очевидно из настоящего описания специалистам, признаки, структуры или характеристики могут объединяться любым подходящим способом в одном или нескольких вариантах осуществления. Кроме того, как очевидно специалистам, несмотря на то что некоторые варианты осуществления, описанные в настоящем документе, включают в себя некоторые определенные признаки, а другие варианты осуществления включают другие определенные признаки, подразумевается, что различные комбинации признаков различных вариантов осуществления находятся в пределах объема настоящего изобретения и образуют другие варианты осуществления. Например, в формуле

изобретения любой из заявленных вариантов осуществления может использоваться в любой комбинации.

Кроме того, диапазоны, определенные в настоящем описании, также включают конечные значения, то есть диапазон от 1 до 10 подразумевает, что диапазон включает и значение 1, и значение 10. Во избежание неопределенности, заявитель также обладает правом на любые эквиваленты, возможные в соответствии с действующим законодательством.

Один аспект заявленного в настоящее время изобретения направлен на способ отделения, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает следующие этапы:

- (A) получение дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества, и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II; и
- (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал; причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из



- (i) алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или C11-C18 разветвленный или линейный незамещенный алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и
- (ii) алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и  $y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

Другой аспект заявляемого в настоящее время изобретения направлен на применение, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- (i) алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем

$R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и

- (ii) алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и

$y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

Ценное вещество может содержать металлы или неметаллы, например, кремний или углерод в различных модификациях, включая карбид кремния. Наиболее заметным природным неметаллическим ценным продуктом является углерод, минерализованный в виде графита или в виде аморфного угля.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает одно или несколько желаемых ценных веществ, таких как металлы, в любой форме. По меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал может содержать сульфидные рудные минералы, оксидные рудные минералы, карбонатсодержащие рудные минералы, металлы в элементарной форме, сплавы, содержащие металлы, соединения, содержащие металлы, и их смеси.

В другом предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает металлы, такие как Ag, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Mo, Ni, Mn, Zn, Pb, Te, Sn, Hg, Re, V, Fe или их смеси, предпочтительно в естественном состоянии или в виде сульфидов, фосфидов, селенидов, арсенидов, теллуридов или их рудных минералов. В другом варианте

осуществления эти металлы находятся в виде сплавов, таких как сплавы с другими металлами, такими как Fe, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Bi ; друг с другом; и/или соединения, содержащие неметаллы, такие как фосфиды, арсениды, сульфиды, селениды, теллуриды и тому подобные. Сплавы этих металлов или их соединения с железом или с железом или платиной могут, например, встречаться в шлаках, полученный после плавки из потраченных автомобильных катализаторов.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает Ag, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Mo, Ni, Mn, Zn, Pb, Te, Sn, Hg, Re, V, или их смеси; или их сплавы, предпочтительно друг с другом и/или с такими элементами, как Fe, Ni или Pd.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одно ценное вещество выбрано из группы, включающей of Ag, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Mo, Ni, Mn, Zn, Pb, Te, Sn, Hg, Re, V, Fe или их комбинации или сплавы.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает Au, Pt, Ir, Pd, Os, Cu, Mo, Ag, Hg, Rh, Ru или их комбинации, предпочтительно Au, Pt, Pd или Rh или их комбинации, и более предпочтительно Pt, Pd или Rh или их комбинации.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает Ru, Rh, Pd, Os, Cu, Mo, Ir, Pt или их комбинации или сплавы.

В другом предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает Rh, Pd, Cu, Mo, Pt или их комбинации или сплавы.

В другом предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает Cu, Mo или их смесь, предпочтительно в естественном состоянии или в виде сульфидов, фосфидов, селенидов, арсенидов, теллуридов или их рудных минералов. В другом предпочтительном варианте осуществления, Cu, Mo или их смесь присутствуют в виде сплавов, таких как сплавы с другими металлами, такими как Fe, Ni, Pb, Sb, Bi; друг с другом; и/или соединений, содержащих неметаллы, такие как фосфиды, арсениды, сульфиды, селениды, теллуриды и тому подобное.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одно ценное вещество представляет собой Mo, более предпочтительно молибденит ( $\text{MoS}_2$ ), или графит.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал представляет собой рудный минерал.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает рудные минералы, предпочтительно рудные минералы, такие как сульфидные рудные минералы, например, молибденит ( $\text{MoS}_2$ ), халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ), галенит ( $\text{PbS}$ ), браггит ( $\text{Pt, Pd, NiS}$ ), аргентит ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) или сфалерит ( $\text{Zn, FeS}$ ), рудные минералы с содержанием оксида и/или карбоната, например, вульфенит ( $\text{PbMoO}_4$ ) или повеллит ( $\text{CaMoO}_4$ ), азурит [ $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ] или малахит [ $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2|\text{CO}_3]$ ], рудные минералы, включающие редкоземельные металлы, такие как бастнезит ( $\text{Y, Ce, La CO}_3\text{F}$ ), монацит  $(\text{RE})\text{PO}_4$  (RE = редкоземельный металл) или хризоколла  $(\text{Cu, Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ .

В одном предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одно ценное вещество выбрано из группы, включающей сульфидные рудные минералы, такие как медные рудные минералы, содержащие ковеллин  $\text{CuS}$ , молибден (IV) сульфид, халькопирит (медный колчедан)  $\text{CuFeS}_2$ , борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , халькозин (медный блеск)  $\text{Cu}_2\text{S}$  и пентландит  $(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$ .

В другом предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одно ценное вещество представляет собой твердые растворы металлов, таких как Pd, Pt, Rh, Au, Ag, Ru, Re в вышеуказанных сульфидах, и их смеси.

В другом предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает теллуриды и арсениды металлов, таких как Pd, Pt, Rh, Au, Ag, Ru, Re или другие медленно плавающие соединения, содержащие драгоценные металлы, такие как системы Pt-(Pd)-As-S, такие как  $\text{PtAs}_2$  (сперрилит),  $\text{Pd}_2\text{As}$  (палладоарсенид),  $\text{Pd}_8\text{As}_3$  (стиллуорит),  $\text{PtAsS}$  (платарсит) или другие сульфарсениды типа твердых растворов (Pt, Ir, Ru)AsS; котульскит  $\text{PdTe}$  (и его форма с высоким содержанием Bi); меренскиит  $\text{PdTe}_2$  (а также его промежуточные фазы в твердых растворах меренскиита-михенерита); михенерит  $\text{PdBiTe}$ , Pd-бисмутотеллурид  $\text{Pd}_8\text{Bi}_6\text{Te}_3$ ; сопхеит  $(\text{Pd}_3\text{Ag}_4\text{Te}_4)$ ;

гуанглинит ( $\text{Pd}_3 \text{As}$ ); арсенид палладия ( $\text{Pd-As}$ ); антимонид палладия ( $\text{Pd-Sb}$ ); паоловит ( $\text{Pd}_2\text{Sn}$ );  $\text{Pd}_{1,6}\text{As}_{1,5}\text{Ni}$ , мончеит  $(\text{Pt, Pd})(\text{Bi, Te})_2$ ;  $\text{PtTe}_2$ ; или  $\text{PtS}$  (куперит) и  $\text{PdS}$  (высоцкит), которые также могут кристаллизоваться из сульфидных расплавов, содержащих арсенид или теллурид, и, таким образом, содержать по меньшей мере некоторое количество As или Te.

В одном предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает ценное вещество металлов платиновой группы (МПП), т.е. Pd, Pt, Rh, Os, Ir или Ru, в количестве от 0,5 до 50 ч./млн, более предпочтительно от 0,5 до 4 ч./млн и еще более предпочтительно около 1 ч./млн по отношению к сухому весу материала. В более предпочтительном варианте осуществления эти металлы МПП могут присутствовать в виде твердого раствора в других сульфидных минералах, таких как пентландит. Содержание пентландита по отношению к сухой массе материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, может составлять, например, от 0,1 до 2 мас.% (массовый процент) и предпочтительно от 0,8 до 1,2 мас.%.

В одном предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает ценное вещество Mo, Cu или их смесь в количестве 10 - 65 мас.%, более предпочтительно 20 - 55 мас.%, еще более предпочтительно 25 - 50 мас.% и очень предпочтительно 35 - 45 мас.%, из расчета на сухую массу материала. В более предпочтительном варианте осуществления, Mo и Cu могут присутствовать, по меньшей мере, частично в виде сульфидных минералов, предпочтительно Mo, по меньшей мере, частично в виде молибденита ( $\text{MoS}_2$ ), очень предпочтительно Mo, по меньшей мере, частично в виде молибденита ( $\text{MoS}_2$ ) и Cu, по меньшей мере, частично в виде халькопирита ( $\text{CuFeS}_2$ ).

В одном предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал включает ценное вещество Mo в количестве 5 - 55 мас.%, более предпочтительно 10 - 50 мас.%, еще более предпочтительно 20 - 45 мас.% и очень предпочтительно 30 - 40 мас.%, из расчета на сухую массу материала. В более предпочтительном варианте осуществления, Mo могут присутствовать, по меньшей мере, частично в виде сульфидного

минерала, предпочтительно, по меньшей мере, частично в виде молибденита ( $\text{MoS}_2$ ).

По меньшей мере, один второй материал может представлять собой любой нецелевой материал. В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один второй материал представляет собой гидрофильный материал. В одном предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один второй материал представляет собой гидрофильное металлическое соединение или гидрофильное полуметаллическое соединение. В одном предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один второй материал содержит металлические или полуметаллические соединения с содержанием оксида, металлические или полуметаллические соединения с содержанием карбоната, металлические или полуметаллические соединения с содержанием силиката, металлические или полуметаллические соединения с содержанием сульфида, например, пирит ( $\text{FeS}_2$ ), металлические или полуметаллические соединения с содержанием гидроксида или их смеси. Подходящие металлические или полуметаллические соединения с содержанием оксида, которые могут использовать как по меньшей мере, один второй материал согласно данному изобретению включают, помимо прочего, диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ), силикаты, алюмосиликаты, такие как полевые шпаты, альбит ( $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$ ), слюда, например, мусковит ( $\text{KAl}_2[(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ ), гранаты ( $\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}^{\text{II}}_3(\text{Al}, \text{Fe}^{\text{III}})_2(\text{SiO}_4)_3$ ), каолинит ( $\text{Al}_4[(\text{OH})_8|\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ ), пирофиллит ( $\text{Al}_2[(\text{OH})_2|\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ ), кварц ( $\text{SiO}_2$ ), иллит ( $\text{K}_{0,65}\text{Al}_{2,0}\text{Al}_{0,65}\text{Si}_{3,35}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) и другие родственные минералы и их смеси.

В одном предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один второй материал выбран из группы, состоящей из  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , сложных оксидных матриц и их смесей.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один второй материал содержит хром или хромсодержащие соединения или минералы или их смеси.

Соответственно, в предпочтительном варианте осуществления дисперсия I, включающая в себя, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал и, по меньшей мере, один второй материал, может включать необработанную руду и/или рудно-минеральные смеси, полученные из шахт.

Отдельные существенные и используемые, при необходимости, этапы способа согласно заявленному в настоящее время изобретению подробно разъясняются ниже. Каждый отдельный этап и/или весь процесс по настоящему изобретению может выполняться непрерывно или прерывисто, причем предпочтительно проводить каждый отдельный этап и весь процесс непрерывно.

Этап (А):

Этап (А) способа согласно заявленному в настоящее время изобретению включает обеспечение первой дисперсии I, содержащей дисперсионную среду I, содержащую по меньшей мере один содержащий ценные вещества материал и, по меньшей мере, один второй материал.

Подходящими дисперсионными средами согласно заявленному изобретению являются вода или низшие спирты, такие как спирты C1-C4.

В предпочтительном варианте осуществления дисперсионной средой I является негорючий растворитель, такой как вода.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения первая дисперсия I содержит дисперсионную среду I и содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, и, по меньшей мере, один второй материал включает шлак, например, металлургический или топочный шлак. Эти материалы в целом известны специалистам в данной области. В предпочтительном варианте осуществления шлак может представлять собой топочный шлак, образующийся в результате переработки концентратов из руд с содержанием металлов платиновой группы (МПГ), отработанные каталитические материалы или их смеси.

В предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I содержит шлак, и предпочтительно топочный шлак, который получают в результате процессов плавки, известных специалистам в данной области, например, процессов плавки для получения металлов, таких как Mo, Cu, Ni, Ag, Hg, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os или их смеси.

В предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I, содержащая дисперсионную среду I, по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, включает топочный шлак. Указанный топочный шлак можно получать как продукт, например, конечный продукт, побочный продукт и/или отходы процессов плавки.

В предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I, включающая дисперсионную среду I, по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, содержит металлургический шлак, причем предпочтительно этот металлургический шлак предпочтительно получают из слоя смешивания.

В предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I, содержащая дисперсионную среду I, по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, включает искусственно приготовленный шлак.

В предпочтительном варианте осуществления, первая дисперсия I, содержащая дисперсионную среду I, по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, содержит топочный шлак, включающий, по меньшей мере, одно ценное вещество и 5 - 80 мас.% SiO<sub>2</sub>, 20 - 50 мас.% CaO, 0 - 60 мас.% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0 - 10 мас.% MgO, 0 - 10 мас.% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0 - 10 мас.% ZrO<sub>2</sub>, 0 - 10 мас.% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и, при необходимости, другие оксиды железа, 0 - 10 мас.% CeO<sub>2</sub>, и, при необходимости, другие компоненты, причем % указаны из расчета на общую массу топочного шлака.

В другом предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I, содержащая дисперсионную среду I, по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, включает шлак, который может содержать дополнительные компоненты, такие как соединения с содержанием свинца и/или железа и/или свинец и/или железо в металлической форме. В данном варианте осуществления железосодержащие соединения, такие как магнетит, присутствуют в отделяемом шлаке.

В другом предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I, содержащая дисперсионную среду I, по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, включает шлак, содержащий по меньшей мере одно ценное вещество в количестве 0,01 - 1000 г/т или 0,01 - 500 г/т шлака.

В соответствии с особенно предпочтительным вариантом осуществления заявленного изобретения первая дисперсия I включает шлак, содержащий по меньшей мере одно ценное вещество, выбранное из Ag, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os,



Zn, Pb, Te, Sn, Hg, Re или V/или сульфиды цветных металлов Cu, Mo, Ni и Mn или другие в количестве 0,01 - 1000 г/т шлака.

В предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I, содержащая дисперсионную среду I, по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал, включает рудосодержащий шлак и/или влажные рудные хвосты.

В предпочтительном варианте осуществления первая дисперсия I содержит по меньшей мере материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал в виде частиц, имеющих размер частиц предпочтительно от 100 нм до 400 мкм. Такие частицы можно получить с применением способа, описанного в патенте US 5,051,199. В предпочтительном варианте осуществления размер частиц получают путем измельчения, например, путем помола. Подходящие процессы и устройства для измельчения известны специалистам в данной области, и в качестве примера таковым можно привести мокрый помол в шаровой мельнице. В предпочтительном варианте осуществления, дисперсия, содержащая по меньшей мере, один материал с содержанием ценного вещества и, по меньшей мере, один второй материал соответственно измельчается, предпочтительно путем помола на частицы, предпочтительно частицы размером от 100 нм до 400 мкм до или во время этапа (A). Аналитические методы определения размера частиц известны специалистам в данной области и включают, например, лазерную дифракцию или динамическое рассеяние света для частиц размером от 100 нм до 400 мкм, или же ситовый анализ для частиц, имеющих размеры частиц от примерно 10 мкм до нескольких миллиметров. Предпочтительно в качестве размера частиц принимается средний размер частиц. Более предпочтительно, средний размер частиц указан как  $d_{80}$ . Очень предпочтительно, средний размер частиц, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала и, по меньшей мере, одного второго материала представляет собой  $d_{80}$  от 1 до 400 мкм, в частности  $d_{80}$  от 4 до 200 мкм, более конкретно  $d_{80}$  от 10 до 100 мкм и особенно  $ad_{80}$  от 20 до 50 мкм.

В предпочтительном варианте осуществления в соответствии с заявленным изобретением, по меньшей мере, одна добавка для измельчения может добавляться до или во время измельчения, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала и, по меньшей мере, одного второго материала. По меньшей

мере, одну добавку для измельчения предпочтительно добавляют в количестве от 5 г/т до 10000 г/т в зависимости от массы измельчаемого материала. В качестве примеров подходящих добавок для измельчения можно привести органические полимеры, которые могут использоваться в качестве диспергаторов глины. Указанные полимеры могут дополнительно снижать вязкость суспензии во время измельчения и за счет этого обеспечивать снижение затрат энергии на этапе измельчения или даже повышать качество отделенного материала с содержанием ценных веществ. Примеры таких доступных в продаже полимеров карбоксиметилцеллюлозы включают карбоксиметилцеллюлозы в нейтральной или нейтрализованной форме. Примеры также включают линейку продуктов Antiprex® компании BASF SE.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал присутствует в виде частиц.

В предпочтительном варианте осуществления, измельчение осуществляют на этапе (A).

Этап (B):

Этап (B) способа согласно заявленному в настоящее время изобретению включает контактирование дисперсии I с этапа (A) с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, предпочтительно таким образом, что, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал и, по меньшей мере, одна магнитная частица прикрепляются друг к другу и образуют, по меньшей мере, один магнитный агломерат. Агломерация между, по меньшей мере, одним содержащим ценные вещества материалом и, по меньшей мере, одной магнитной частицей обычно может возникать в результате всех сил притяжения, известных специалистам в данной области, например, в результате гидрофобных взаимодействий и/или действия магнитных сил. Предпочтительно, только, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал и, по меньшей мере, один агломерат магнитных частиц на этапе (A), и в то же время, по меньшей мере, один второй материал и, по меньшей мере, одна магнитная частица не агломерируются.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один агломерат

магнитных частиц из-за гидрофобных взаимодействий или разных поверхностных зарядов. Агломерация может происходить, по меньшей мере, частично из-за обработки, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала и/или магнитной частицы поверхностно-модифицирующим агентом. Например, международные публикации WO 2009/010422 A1, WO 2009/065802 A2, WO 2010/007075 A1 и WO 2010/007157 A1 раскрывают поверхностно-модифицирующие агенты, которые выборочно связывают, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал и, по меньшей мере, одну магнитную частицу.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один агломерат магнитных частиц в результате гидрофобных взаимодействий.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал предварительно обработан, по меньшей мере, одним собирателем перед этапом (A), на этапе (A) и/или на этапе (B) способа согласно заявленному в настоящее время изобретению.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один собиратель добавляют к дисперсии I на этапе (A) или на этапе (B) или, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал предварительно обработан, по меньшей мере, одним собирателем.

В предпочтительном варианте осуществления краевой угол между частицей, включающей по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал, обработанный, по меньшей мере, одним собирателем и водой против воздуха, составляет  $> 90^\circ$ . Способы определения краевого угла известны специалистам в данной области. Например, краевой угол по отношению к воде определяют посредством оптического анализа формы капли, например, с использованием устройства для измерения краевого угла DSA 100 производства компании Kruesse (Гамбург, Германия) с соответствующим программным обеспечением. Как правило, для определения достоверного среднего значения краевого угла производится от 5 до 10 независимых измерений. Таким образом, обработка, по меньшей мере, одним собирателем делает гидрофобным по меньшей мере, один дополнительный материал с содержанием ценного вещества.

В предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал был предварительно обработан по меньшей мере собирателем, выбранным из группы, состоящей из неионизирующих и ионизирующих собирателей.

В предпочтительном варианте осуществления неионизирующий собиратель может представлять собой молекулу с гидрофильными и липофильными фрагментами, т.е. полярный неионизирующий собиратель. Примерами полярных неионизирующих собирателей являются неионогенные поверхностно-активные вещества.

В предпочтительном варианте осуществления неионизирующий собиратель также может представлять собой неполярную молекулу, т.е. молекулу, содержащую практически только липофильные фрагменты. Среди примеров неполярных неионизирующих собирателей дизельное топливо и Shellsol® D40, перечисленные в экспериментальной части раздела А). Предпочтительно неполярный неионизирующий собиратель представляет собой минеральное масло, растительное масло, биодизель, продукт сжижения угля, продукт процесса преобразования газа в жидкость и их смеси. Неполярный неионизирующий собиратель также включает смесь неполярных неионизирующих собирателей, например, минеральное масло обычно представляет собой смесь различных молекул углеводородов. Неполярный неионизирующий собиратель, который можно использовать в процессе в качестве собирателя, обычно имеет низкую вязкость в условиях процесса, и поэтому в условиях процесса он является жидким и подвижным. Предпочтение отдается использованию неполярного неионизирующего собирателя, имеющего кинематическую вязкость при 20°C в диапазоне от 0,7 до 25 мм<sup>2</sup>/с, предпочтительно от 0,9 до 20 мм<sup>2</sup>/с, более предпочтительно от 1 до 15 мм<sup>2</sup>/с и очень предпочтительно от 1,1 до 10 мм<sup>2</sup>/с. Кроме того, предпочтение отдается использованию неполярного неионизирующего собирателя, температура вспышки которого больше или равна 20°C, предпочтительно больше или равна 40°C.

Минеральное масло, например, является производным от сырой нефти, представляет собой саму сырую нефть или нефть, полученную из бурого угля, каменного угля, торфа или древесины. Минеральное масло обычно содержит углеводородные смеси парафиновых углеводородов, т.е. насыщенных цепочечных

углеводородов, нафтеновых углеводородов, т.е. насыщенных циклических углеводородов и ароматических углеводородов. Особенно предпочтительным производным сырой нефти является дизельное топливо, газойль или керосин. Дизельное топливо, по существу, основано на минеральном масле, т.е. дизельное топливо представляет собой фракцию фракционирования минерального масла путем перегонки. Основными компонентами дизельного топлива являются преимущественно алканы, циклоалканы и ароматические углеводороды, имеющие от 9 до 22 атомов углерода на молекулу и диапазон температуры кипения от 170 до 390 °С. Газойль представляет собой, например, легкий газойль с температурой кипения от 235 до 300 °С или тяжелый газойль с температурой кипения от 300 до 375 °С. Растительное масло обычно представляет собой жиры и жирные масла, которые получают из масличных растений. Растительные масла содержат, например, триглицериды. Растительное масло, например, выбрано из группы, состоящей из подсолнечного масла, рапсового масла, сафлорового масла, соевого масла, кукурузного масла, арахисового масла, оливкового масла, масла сельди, хлопкового масла, пальмового масла и их смеси. Биодизельное топливо содержит в основном метиловые эфиры насыщенных C16-C18 жирных кислот и ненасыщенных C18 жирных кислот, в частности, метиловый эфир рапсового масла. Продукт сжижения угля, например, получен процессом Фишера-Тропша или Сасола.

Анионный собиратель представляет собой молекулу, содержащую липофильный фрагмент и анионную группу. Анионная группа здесь означает, что при показателе рН равном 7 большинство анионных групп заряжены отрицательно, если рассматривать большее количество молекул. Примером анионной группы, которая ниже названа своей депротонированной формой, является сульфидная, ксантогенатная, тиоксантогенатная, дитиокарбаматная, карбоксилатная, гидроксаматная, фосфатная, тиофосфатная, дитиофосфатная, тритиофосфатная, тетратиофосфатная, фосфинатная, тиофосфинатная, дитиофосфинатная, сульфонатная или сульфатная группа. Анионный собиратель также может содержать более одной анионной группы, например две, как в случае с сульфосукцинатом. Липофильная группа обычно представляет собой разветвленный или линейный C4-C18 алкил или алкенил. Например, n-октил или разветвленный C6-C14 алкил, причем это разветвление предпочтительно

расположено в положении 2, например, 2-этилгексил или 2-пропилгептил. Анионный собиратель также может содержать более одного липофильного фрагмента, например, два, как в случае с диалкилфосфатом.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один собиратель представляет собой анионный собиратель, выбранный из группы, состоящей из *n*-окилксантогената натрия или калия, бутилксантогената натрия или калия, ди-*n*-окилдитиофосфината натрия или калия, ди-*n*-окилдитиофосфата натрия или калия, ди-*n*-окилдитиокарбаматов натрия или калия, этилгексилксантогенат натрия или калия и их смеси. В особенно предпочтительном варианте осуществления изобретения, по меньшей мере, один собиратель представляет собой анионный собиратель и выбран из группы, состоящей из ксантогената калия-*n*-октила (1:1 соль *O*-октилового эфира карбонодитионовой кислоты) или ди-*n*-окилдитиофосфината калия или их смеси.

Катионный собиратель представляет собой молекулу, содержащую липофильную часть и катионную группу. В настоящем документе термин катионная группа означает, что при показателе рН равном 7 большинство катионных групп заряжены положительно, если рассматривать большее количество молекул, что происходит за счет протонирования или благодаря постоянному катионному заряду, например, четвертичного азота. Примером катионной группы, которая ниже названа своей депротонированной формой, является первичный, вторичный, третичный или четвертичный амин. Катионный собиратель также может содержать несколько катионных групп, например, две, как в случае с алкилэфирдиаминами. Липофильная группа обычно представляет собой разветвленный или линейный C4-C18 алкил или алкенил. Например, *n*-октил или разветвленный C6-C14 алкил, причем это разветвление предпочтительно расположено в положении 2, например, 2-этилгексил или 2-пропилгептил. Катионный собиратель также может содержать несколько липофильным фрагментом, например два, как в случае с диалкиламином.

Амфотерный собиратель представляет собой молекулу, которая содержит липофильную часть, анионную группу и катионную группу. Примеры в двух предыдущих абзацах одинаково применимы к липофильному фрагменту, анионной и катионной группе. Примером амфотерного собирателя является 8-гидроксихинолин с его непосредственной близостью и стерически одинаковым

направлением фенолятной группы и пиридиновой группы, противоположной липофильному фрагменту, построенному ароматическими СН-звеньями.

Неограничивающие примеры собирателей также представлены в “Collector Handbook of Floating Agents: Chemistry, Theory and Practice, Srdjan M. Balutovic («Справочник собирателей плавучих агентов: химия, теория и практика», Срджан М. Балютович), февраль 2008, Elsevier ”

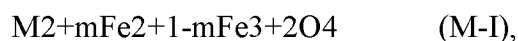
В предпочтительном варианте осуществления, в качестве собирателя материала с содержанием ценных веществ, причем, по меньшей мере, одно ценное вещество представляет собой благородный металл, такой как Au, Pd, Rh, Cu, Mo, и т.д., выступает монотиол, дитиол, тритиол или 8-гидроксихинолин.

В другом предпочтительном варианте осуществления, в качестве собирателя материала с содержанием ценных веществ, причем, по меньшей мере, одно ценное вещество представляет собой сульфид металла, такой как  $Cu_2S$ ,  $MoS_2$  и т.д., выступает монотиол, дитиол и тритиол, ксантогенат или дитиофосфат.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один собиратель используется в количестве, достаточном для достижения целевого эффекта. В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один собиратель добавляется в количестве 0,001 - 4 мас.%, из расчета на массу сухого, по меньшей мере, одного материала, содержащего ценное вещество, и, по меньшей мере, одного второго материала. Предпочтительно это количество составляет от 0,001 до около 3 мас.%. В случае с неполярным неионизирующим собирателем количества выше по сравнению с полярным неионизирующим собирателем, анионным собирателем, катионным собирателем или амфотерным собирателем.

В целом, по меньшей мере, одна магнитная частица на этапе (B) способа согласно настоящему изобретению может представлять собой любую магнитную частицу.

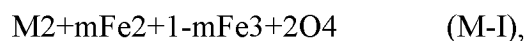
В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица выбрана из группы, состоящей из магнитных металлов, предпочтительно железа, кобальта, никеля и их смеси; ферромагнитных сплавов магнитных металлов, например,  $NdFeB$ ,  $SmCo$  и их смеси; оксидов магнитного железа, например, магнетита, магнитного гематита, гексаферритов; кубических ферритов общей формулы (M-I):



где M выбран из Co, Ni, Mn, Zn или их смеси, а m составляет  $\leq 1$ , и их смеси.

В особенно предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица представляет собой магнетит. Магнетит известен специалистам в данной области и доступен в продаже, например, в виде магнитного пигмента 345 (BASF SE) или магнетита производства компании Höganas. Кроме того, процессы получения магнетита известны специалистам в данной области.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица выбрана из группы, состоящей из магнитных металлов и их смесей, ферромагнитных сплавов магнитных металлов и их смесей, магнитных оксидов железа, кубических ферритов общей формулы M-I:



где M выбран из Co, Ni, Mn, Zn или их смеси, а m составляет  $\leq 1$ , гексаферриты и их смеси.

По меньшей мере, одна магнитная частица, которая используется в соответствии с настоящим изобретением, обычно имеет средний диаметр, который позволяет этой частице эффективно агломерироваться с, по меньшей мере, одним содержащим ценные вещества материалом. В предпочтительном варианте осуществления магнитная частица имеет  $d_{80}$  от 1 нм до 10 мкм, предпочтительно от 0,1 мкм до 100 мкм и очень предпочтительно от 1 мкм до 20 мкм. Формулировка « $d_{80}$ » известна специалистам и означает, что 80 мас.% соответствующих частиц имеют диаметр, меньший или равный упомянутому значению. Перед использованием размер частиц магнетита можно уменьшить путем измельчения или помола. Способы анализа диаметра магнитных частиц или других частиц, которые используются или обрабатываются согласно настоящему изобретению, известны специалистам в данной области. Такие способы, например, включают измерение лазерной дифракции, в частности измерение лазерной дифракции с использованием прибора Mastersizer 2000 с версией программного обеспечения 5,12G, причем образец диспергируют в водном растворе  $Na_4P_2O_7$ .

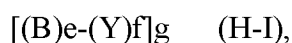
В целом, количество, по меньшей мере, одной магнитной частицы, которая должна применяться в способе по настоящему изобретению, может определяться специалистами в данной области так, чтобы преимущественно все количество, по



меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала можно отделить путем агломерации с по меньшей мере одной магнитной частицей. В предпочтительном варианте осуществления способа согласно заявленному в настоящее время изобретению, по меньшей мере, одну магнитную частицу добавляют в количестве 0,01 - 10 мас.%, предпочтительно 0,1 - 6 мас.%, особенно предпочтительно 0,5 - 4,5 мас.%, из расчета на массу сухого, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала и, по меньшей мере, одного второго материала.

В одном предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица представляет собой гидрофобную магнитную частицу. В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица является гидрофобизированной на своей поверхности, т.е. представляет собой гидрофобизированную магнитную частицу. В более конкретном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица была гидрофобизирована путем обработки гидрофобизирующим агентом, причем предпочтительно, чтобы магнитная частица, обработанная гидрофобизирующим агентом, имела краевой угол между поверхностью частицы и водой по отношению к воздуху предпочтительно более 30°, более предпочтительно более 60°, еще более предпочтительно более 90° и особенно предпочтительно более 140°. Способы определения краевого угла известны специалистам в данной области. Например, краевой угол по отношению к воде определяют посредством оптического анализа формы капли, например, с использованием устройства для измерения краевого угла DSA 100 производства компании Kruesse (Гамбург, Германия) с соответствующим программным обеспечением. Как правило, для определения достоверного среднего значения краевого угла производится от 5 до 10 независимых измерений. В целом, гидрофобизирующий агент может представлять собой любой агент, который сделает поверхность магнитной частицы более гидрофобной, чем ее поверхность до момента обработки.

В предпочтительном варианте осуществления, гидрофобизирующий агент для гидрофобизации, по меньшей мере, одной магнитной частицы представляет собой соединение общей формулы (I-H) или его производное:

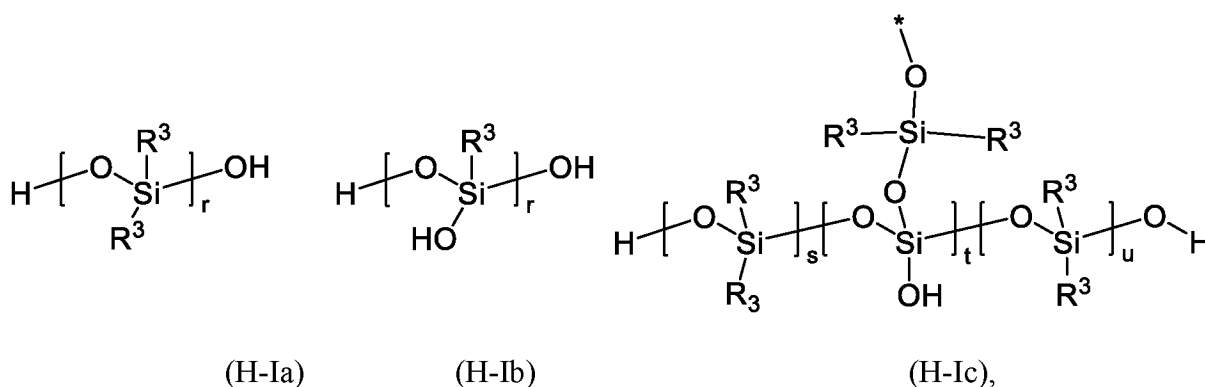




кислота, олеиновая кислота или стеариновая кислота; частично полимеризованные силосаны (также известные как силиконовые масла) или их смеси.

В предпочтительном варианте осуществления гидрофобизирующий агент представляет собой соединение, описанное в документе WO 2012/140065.

Другими предпочтительными гидрофобизирующими агентами являются моно-, олиго- или полисилосаны со свободными OH-группами, такие как соединения формул H-Ia, H-Ib или H-Ic или их производные

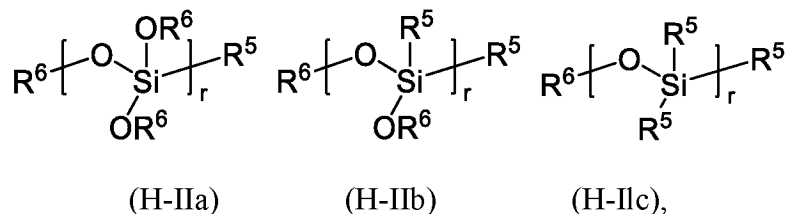
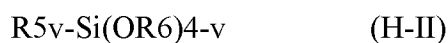


где каждый из элементов  $r$ ,  $s$ ,  $t$ , и  $u$  независимо представляет собой целое число от 1 до 100, и каждый элемент  $R^3$  независимо представляет собой разветвленную или линейную C1-C12 алкильную группу.

В формуле (H-Ic)\* обозначает связь с дополнительными фрагментами, содержащими  $-\text{SiOR}^4$ , и где  $R^4$  выбран из водорода, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C1-C30 алкила, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C2-C30 алкенила, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C2-C30 алкинила, при необходимости, замещенного C3-C20 циклоалкила, при необходимости, замещенного C3-C20 циклоалкенила, при необходимости, замещенного C1-C20 гетероалкила, при необходимости, замещенного C5-C22 арила, при необходимости, замещенного C6-C23 алкиларила, при необходимости, замещенного C6-C23 арилалкила или, при необходимости, замещенного C5-C22 гетероарила.

В предпочтительном варианте осуществления гидрофобизирующие агенты формул H-Ia, H-Ib или H-Ic имеют молекулярную массу от 250 до 200000 г/моль, предпочтительно от 250 до 20000 г/моль и особенно предпочтительно от 300 до 5000 г/моль.

Согласно предпочтительному варианту осуществления гидрофобизирующий агент представляет собой соединение общей формулы H-II, H-IIa, H-IIb или H-IIc или их производные



где каждый из элементов  $R^5$  независимо выбран из водорода, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C1-C30 алкила, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C2-C30 алкенила, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C2-C30 алкинила, при необходимости, замещенного C3-C20 циклоалкила, при необходимости, замещенного C3-C20 циклоалкенила, при необходимости, замещенного C1-C20 гетероалкила, при необходимости, замещенного C5-C22 арила, при необходимости, замещенного C6-C23 алкиларила, при необходимости, замещенного C6-C23 арилалкила или, при необходимости, замещенного C5-C22 гетероарила;

каждый из элементов  $R^6$  независимо выбран из водорода, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C1-C30 алкила, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C2-C30 алкенила, разветвленного или линейного, при необходимости, замещенного C2-C30 алкинила, при необходимости, замещенного C3-C20 циклоалкила, при необходимости, замещенного C3-C20 циклоалкенила, при необходимости, замещенного C1-C20 гетероалкила, при необходимости, замещенного C5-C22 арила, при необходимости, замещенного C6-C23 алкиларила, при необходимости, замещенного C6-C23 арилалкила или, при необходимости, замещенного C5-C22 гетероарила;

$r$  независимо представляет собой целое число от 1 до 100, а  $v$  равно 1, 2 или 3.

Предпочтительными являются радикалы  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга является разветвленным или линейным, при необходимости, замещенным C1-C30 алкилом, особенно предпочтительно C1-C20 алкилом, более

конкретно предпочтительно С4-С12 алкилом. В данном варианте осуществления  $R^5$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный С1-С30 алкил, особенно предпочтительно С1-С20 алкил или более конкретно предпочтительно С4-С12 алкил. Примеры разветвленных или линейных С4-С12 алкильных радикалов включают бутил, в частности, н-бутил, изобутил, третбутил; пентил, в частности, н-пентил, изопентил, третпентил; гексил, в частности, н-гексил, изогексил, третгексил, гептил, в частности, н-гептил, изогептил, третгептил; октил, в частности, н-октил, изо-октил, третоктил; нонил, в частности, н-нонил, изонил, третнонил, децил, в частности, н-децил, изодецил, третдецил, ундецил, в частности, н-ундецил, изо-ундецил, третундецил или додецил, в частности, н-додецил; изододецил или третдодецил.

Дополнительное предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга является разветвленным или линейным, при необходимости, замещенным С2-С30 алкенилом, особенно предпочтительно С2-С20 алкенилом, более конкретно предпочтительно С2-С12 алкенилом. Примерами алкенильных радикалов, которые являются особенно предпочтительными согласно изобретению, являются этенил (винил), пропенил, в частности, н-пропенил, изопропенил, бутенил, в частности, н-бутенил, изобутенил, третбутенил, пентенил, в частности, н-пентенил, изопентенил, третпентенил, гексенил, в частности, н-гексенил, изогексенил, третгексенил, гептенил, в частности, н-гептенил, изогептенил, третгептенил, октенил, в частности, н-октенил, изооктенил, третоктенил, ноненил, в частности, н-ноненил, изононенил, третноненил, деценил, в частности, н-деценил, изодеценил, третдеценил, ундеценил, в частности, н-ундеценил, изоундеценил, третундеценил или додеценил, в частности, н-додеценил, изододеценил и третдодеценил.

Дополнительное предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга является разветвленным или линейным, при необходимости, замещенным С2-С30 алкинилом, особенно предпочтительно С2-С20 алкинилом, более конкретно предпочтительно С2-С12 алкинилом. Примерами алкинильных радикалов, которые являются особенно предпочтительными согласно изобретению, являются этинил, пропинил, в частности, н-пропинил, изопропинил, бутинил, в частности, н-бутинил, изобутинил, третбутинил, пентинил, в частности, н-пентинил, изопентинил, третпентинил, гексинил, в частности, н-гексинил,

изогексинил, третгексинил, гептинил, в частности, н-гептинил, изогептинил, третгептинил, октинил, в частности, н-октинил, изооктинил, третоктинил, попинил, в частности, н-нонинил, изононинил, третнонинил, децинил, в частности, н-децинил, изодецинил, третдецинил, ундецинил, в частности, н-ундецинил, изоундецинил, третундецинил, или додецинил, в частности, н-додецинил, изододецинил и третдодецинил.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен С3-С20 циклоалкилом, особенно предпочтительно С3-С12 циклоалкилом, более конкретно предпочтительно С3-С6 циклоалкилом, таким как циклопропил, циклобутил, циклопентил или циклогексил.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен С3-С20 циклоалкенилом, особенно предпочтительно С3-С12 циклоалкенилом, более конкретно предпочтительно циклоалкенилом С3-С6, таким как циклопропенил, циклобутенил, циклопентенил или циклогексенил.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен С1-С20 гетероалкилом, особенно предпочтительно С1-С12 гетероалкилом. Гетероалкильные радикалы, присутствующие в соответствии с изобретением, происходят от вышеупомянутых алкильных радикалов, при этом, по меньшей мере, один атом углерода в них замещен гетероатомом, выбранным из N, O, P и S.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга в некоторых замещен С5-С22 арилом, особенно предпочтительно С5-С12 арилом. Примерами арильных радикалов, которые являются предпочтительными согласно изобретению, являются фенил, нафтил или биарилы.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен С6-С23 алкиларилом, особенно предпочтительно С6-С13 алкиларилом. Примером алкиларильного радикала, который является предпочтительным согласно изобретению, является бензил.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^5$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен С6-С23 арилалкилом, особенно

предпочтительно С6-С13 арилалкилом. Примерами арилалкильных радикалов, которые являются предпочтительными согласно изобретению, являются толил, ксиллил, пропилбензил или гексилбензил.

Вышеупомянутые радикалы  $R^5$ , при необходимости, могут быть замещены. Подходящие заместители, например, выбраны из амина, амидо, имида, гидроксила, простого эфира, альдегида, кето, карбоновой кислоты, тиоловых, тиоэфирных, гидроксаматных и карбаматных групп.

Вышеупомянутые радикалы  $R^5$  могут быть моно- или полизамещенными. В случае множественных замещений одна группа заместителей может присутствовать множество раз или одновременно могут присутствовать различные функциональные группы. Радикалы, упомянутые в качестве элемента  $R^5$ , также могут быть моно- или полизамещены вышеупомянутыми алкильными, алкенильными, алкинильными, арильными, алкиларильными, арилалкильными, гетероалкильными или гетероарильными радикалами.

Более конкретно предпочтительными радикалами  $R^5$  являются октил, в частности, н-октил; гексил, в частности, н-гексил; и/или бутил, в частности, н-бутил; децил, в частности, н-децил; или додецил, в частности, н-додецил.

Предпочтительными являются радикалы  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга представляет собой водород, разветвленный или линейный, при необходимости, замещенный С1-С30 алкил, особенно предпочтительно С1-С20 алкил, более конкретно предпочтительно С1-С12 алкил. В предпочтительном варианте осуществления  $R^6$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный С 1- С 30 алкил, особенно предпочтительно С1-С20 алкил или более конкретно предпочтительно алкил С1-С12 алкил. Примерами разветвленных или линейных С1-С12 алкильных радикалов являются метил, этил, пропил, в частности, н-пропил, изопропил, бутил, в частности, н-бутил, изобутил, третбутил, пентил, в частности, н-пентил, изопентил, третпентил, гексил, в частности, н-гексил, изогексил, третгексил, гептил, в частности, н-гептил, изогептил, третгептил, октил, в частности, н-октил, изооктил, третоктил, нонил, в частности, н-нонил, изононил, третнонил, децил, в частности, н-децил, изодецил, третдецил, ундецил, в частности, н-ундецил, изоундецил, третундецил, или додецил, в частности, н-додецил, изосододецил или третдодецил.

Дополнительное предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга является разветвленным или линейным, при необходимости, замещенным C2-C30 алкенилом, особенно предпочтительно C2-C20 алкенилом, более конкретно предпочтительно C2-C12 алкенилом. Примерами алкинильных радикалов, которые являются особенно предпочтительными согласно изобретению, являются этенил (винил), пропенил, в частности, н-пропенил, изопропенил, бутенил, в частности, н-бутенил, изобутенил, третбутенил, пентенил, в частности, н-пентенил, изопентенил, третпентенил, гексенил, в частности, н-гексенил, изогексенил, третгексенил, гептенил, в частности, н-гептенил, изогептенил, третгептенил, октенил, в частности, н-октенил, изооктенил, третоктенил, ноненил, в частности, н-ноненил, изононенил, третноненил, деценил, в частности, н-деценил, изодеценил, третдеценил, ундеценил, в частности, н-ундеценил, изоундеценил, третундеценил или додеценил, в частности, н-додеценил, изододеценил или третдодеценил.

Дополнительное предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга является разветвленным или линейным, при необходимости, замещенным C2-C30 алкинилом, особенно предпочтительно C2-C20 алкинилом или более конкретно предпочтительно C2-C12 алкинилом. Примерами алкинильных радикалов, которые являются особенно предпочтительными согласно изобретению, являются этинил, пропилил, в частности, н-пропилил, изопропилил, бутилил, в частности, н-бутилил, изобутилил, третбутилил, пентинил, в частности, н-пентинил, изопентинил, третпентинил, гексинил, в частности, н-гексинил, изогексинил, третгексинил, гептинил, в частности, н-гептинил, изогептинил, третгептинил, октинил, в частности, н-октинил, изооктинил, третоктинил, нонинил, в частности, н-нонинил, изононинил, третнонинил, декинил, в частности, н-декинил, изодекинил, третдекинил, ундецинил, в частности, н-ундецинил, изоундецинил, третундецинил или додецинил, в частности, н-додецинил, изододецинил или третдодецинил.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен C3-C20 циклоалкилом, особенно предпочтительно C3-C12 циклоалкилом, более конкретно предпочтительно C3-C6 циклоалкилом, таким как циклопропил, циклобутил, циклопентил или циклогексил.



Также предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен C3-C20 циклоалкенилом, особенно предпочтительно C3-C12 циклоалкенилом и более конкретно предпочтительно C3-C6 циклоалкенилом, например, циклопропенилом, циклобутенилом, циклопентенилом или циклогексенилом.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен C1-C20 гетероалкилом, особенно предпочтительно C4-C12 гетероалкилом. Гетероалкильные радикалы, присутствующие в соответствии с изобретением, происходят от вышеупомянутых алкильных радикалов, при этом, по меньшей мере, один атом углерода в них замещен гетероатомом, выбранным из N, O, P и S.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга в некоторых замещен C5-C22 арилом, особенно предпочтительно C5-C12 арилом. Примерами арильных радикалов, которые являются предпочтительными согласно изобретению, являются фенил, нафтил или биарилы.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен C6-C23 алкиларилом, особенно предпочтительно C6-C13 алкиларилом. Примером алкиларильного радикала, который является предпочтительным согласно изобретению, является бензил.

Также предпочтение отдается радикалам  $R^6$ , каждый из которых независимо друг от друга, при необходимости, замещен C5-C22 гетероарилом и особенно предпочтительно C5-C12 гетероарилом.

Вышеупомянутые радикалы  $R^6$ , при необходимости, могут быть замещены. Подходящие заместители, например, выбраны из амино, амидо, имидо, гидрокси, простого эфира, альдегида, кето, карбоновой кислоты, тиоловых, тиозфирных, гидроксаматных и карбаматных групп. Вышеупомянутые радикалы  $R^6$  могут быть моно- или полизамещенными. В случае множественных замещений один заместитель может присутствовать множество раз или одновременно могут присутствовать различные функциональные группы. Радикалы, упомянутые в качестве элемента  $R^6$ , также могут быть моно- или полизамещены вышеупомянутыми алкильными, алкенильными, алкинильными, арильными,

алкиларильными, арилалкильными, гетероалкильными или гетероарильными радикалами.

В другом предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один гидрофобизирующий агент выбран из группы, состоящей из  $(\text{NaO})(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NaO})(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NaO})(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NaO})(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{KO})(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{KO})(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{KO})(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{KO})(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NaO})_2(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NaO})_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NaO})_2(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NaO})_2(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{KO})_2(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{KO})_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{KO})_2(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{KO})_2(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_2(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_2(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_2(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NaO})_3(\text{CH}_3)\text{Si}$ ,  $(\text{NaO})_3(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}$ ,  $(\text{NaO})_3(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}$ ,  $(\text{NaO})_3(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}$ ,  $(\text{KO})_3(\text{CH}_3)\text{Si}$ ,  $(\text{KO})_3(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}$ ,  $(\text{KO})_3(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}$ ,  $(\text{KO})_3(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_3(\text{CH}_3)\text{Si}$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_3(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_3(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}$ ,  $(\text{NH}_4\text{O})_3(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}$ ,  $(\text{NaO})(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NaO})(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{KO})(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{KO})(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}(\text{OH})$ ,  $(\text{NaO})_2(\text{CH}_3)_2\text{Si}$ ,  $(\text{NaO})_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}$ ,  $(\text{KO})_2(\text{CH}_3)_2\text{Si}$ ,  $(\text{KO})_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{OH})_2]_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})_2]_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})_2]_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})_2]_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})]_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}(\text{OH})]_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)_2(\text{CH}_3)\text{-Si}(\text{OH})]$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}(\text{OH})]$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)_2(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{Si}(\text{OH})]$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)_2(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{Si}(\text{OH})]$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)_2\text{-}(\text{CH}_3)_2\text{Si}]$ ,  $\text{Ca}^{2+}[(\text{O}^-)_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}]$  и их смесей.

В данном варианте осуществления по меньшей мере, один гидрофобизирующий агент добавляют к дисперсии I на этапе (B).

В другом предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица была предварительно обработана, по меньшей мере, одним гидрофобизирующим агентом до контакта с дисперсией I на этапе (B).

В предпочтительном варианте осуществления по меньшей мере, один гидрофобизирующий агент или их смеси могут полимеризоваться до или во время контакта с магнитной частицей.

В другом предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, один гидрофобизирующий агент представляет собой диметилсиликонат натрия или калия.

В другом предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна гидрофобизированная магнитная частица представляет собой частицу магнетита, обработанную гидрофобизирующим агентом и предпочтительно гидрофобизирующим агентом диметилсиликонатом натрия или калия.

В предпочтительном варианте осуществления по меньшей мере, один гидрофобизирующий агент присутствует в виде покрытия на поверхности магнитных частиц в количестве, рассчитанном с учетом общей массы гидрофобизированной магнитной частицы, от 0,01 до 10 мас.%, предпочтительно от 0,1 до 5 мас.%.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одна магнитная частица представляет собой гидрофобизированную магнитную частицу.

Согласно заявляемому изобретению, по меньшей мере, одна магнитная частицы может быть предварительно диспергирована в дисперсионной среде. Предпочтительно количество дисперсионной среды для предварительного диспергирования магнитных частиц обычно выбирают таким образом, чтобы получить суспензию или дисперсию, которая легко регулируется и/или транспортируется. В предпочтительном варианте осуществления суспензия или дисперсия содержит от 10 до 60 мас.% магнитных частиц, из расчета на массу суспензии или дисперсии.

Согласно заявляемому изобретению, диспергирование магнитных частиц может осуществляться с помощью любых известных специалистам способов. В предпочтительном варианте осуществления магнитные частицы, подлежащие диспергированию, и соответствующее количество дисперсионной среды или смеси дисперсионных сред объединяют в подходящем реакторе и перемешивают с помощью устройств, известных специалистам в данной области. Например, таким устройством является механическая пропеллерная мешалка. Перемешивание может происходить при температуре примерно от 1 до примерно 80°C и предпочтительно при температуре окружающей среды.

Этап (В) способа по изобретению предпочтительно осуществляют при температуре от 1 до 80°C, более предпочтительно от 20 до 40°C и еще более предпочтительно при температуре окружающей среды.

Контактирование согласно этапу (В) способа согласно заявленному в настоящее время изобретению может осуществляться в любом устройстве, которое известно специалистам в данной области. Например, дисперсию I и, по меньшей мере, одну магнитную частицу, при необходимости, вместе с, по меньшей мере, одним собирателем и/или с, по меньшей мере, одним гидрофобизирующим агентом, объединяют и смешивают в соответствующих количествах в подходящих смесительных устройствах, которые известны специалистам в данной области, таких как мельницы, включая шаровые мельницы.

В предпочтительном варианте осуществления дисперсия I на этапе (В) обеспечивает содержание твердых веществ от 1 до 60 мас.%, более предпочтительно от 10 до 60 мас.% и еще более предпочтительно от 20 до 45 мас.%, из расчета на все количество твердых веществ, которые необходимо диспергировать.

В другом предпочтительном варианте осуществления содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал измельчают, например, путем измельчения мельницей согласно описанию выше до частиц, имеющих размер от 100 нм до 400 мкм на этапе (В) или перед ним.

Согласно заявленному изобретению количество дисперсионной среды I на этапе (А) и/или этапе (В) обычно можно выбрать так, чтобы получить дисперсию I, которая легко регулируется и/или транспортируется.

После выполнения шага (В) согласно настоящему изобретению может быть получена смесь, которая включает дополнительные компоненты смеси и агломераты, по меньшей мере, содержащего ценные вещества материала и, по меньшей мере, одной магнитной частицы, если, по меньшей мере, один собиратель и/или гидрофобизатор, по меньшей мере, частично расположен между, по меньшей мере, одним содержащим ценные вещества материалом и, по меньшей мере, одной магнитной частицей.

В предпочтительном варианте осуществления, магнитная частица и, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал образуют агломерат на этапе (В).

В предпочтительном варианте осуществления количество дисперсионной среды, которое должно присутствовать на этапе (В), определяют так, что на этап (С) вводят дисперсию, содержание твердых веществ в которой предпочтительно составляет от 1 до 80 мас.%, более предпочтительно от 5 до 40 мас.% и еще более предпочтительно от 10 до 30 мас.% дисперсии, причем в каждом из этих случаев содержание твердых веществ рассчитывают на основе всего количества твердых веществ, присутствующих в дисперсии.

Этап (С):

Этап (С) способа согласно заявленному в настоящее время изобретению включает отделение магнитной фракции I, включающей, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один агломерат с содержащим ценное вещество материалом, от дисперсии, полученной на этапе (В) путем приложения магнитного поля. Магнитная сепарация может выполняться любым из способов, известных специалистам. В целом, специалистам в данной области известны способы отделения магнитных частей в виде магнитной фракции от смеси, содержащей магнитные и немагнитные части, в качестве оставшейся немагнитной фракции.

В предпочтительном варианте осуществления этап (С) может выполняться с использованием любого магнитного оборудования, подходящего для отделения магнитных частиц от дисперсии, например, барабанных сепараторов, магнитных сепараторов высокой или низкой интенсивности, сепараторов непрерывного ленточного типа или других устройств.

В другом предпочтительном варианте осуществления, этап (С) может выполняться за счет введения постоянного магнита в реактор, в котором присутствует дисперсия с этапа (В). В предпочтительном варианте осуществления присутствовать между постоянным магнитом и обрабатываемой смесью может присутствовать разделительная стенка, состоящая из немагнитного материала, например, стенка реактора. В другом предпочтительном варианте осуществления на этапе (С) используется электромагнит, который демонстрирует магнитные свойства только при прохождении электрического тока. Подходящие устройства известны специалистам в данной области.

Подходящие устройства и способы магнитной сепарации описаны в книге «Магнитные методы обработки материалов», Ян Свобода, издательство Kluwer Academic Publishers, 2004.

В предпочтительном варианте осуществления оборудование магнитной сепарации позволяет в процессе сепарации промывать магнитный концентрат диспергатором, который содержит воду. Промывка предпочтительно позволяет удалить инертный материал из магнитного концентрата.

В предпочтительном варианте осуществления, этап (С) осуществляют непрерывно или полунепрерывно, при этом предпочтительно, чтобы дисперсия, подлежащая обработке, протекала через сепаратор. Скорости потока дисперсии, подвергающейся обработке, как правило, регулируются для того, чтобы получить предпочтительный выход магнитных агломератов, подвергающихся сепарации. В предпочтительном варианте осуществления скорости потока обрабатываемой дисперсии находятся в диапазоне от 10 мм/с до 1000 мм/с.

Значение рН дисперсии, которую обрабатывают на этапе (С) предпочтительно может находиться в диапазоне от 5 до 13 и более предпочтительно в диапазоне от 7 до 12. В предпочтительном варианте осуществления корректировка значения рН дисперсии, полученной на этапе (В), не требуется.

Этап (С) можно осуществлять при любой подходящей температуре. В предпочтительном варианте осуществления этап (С) проводится при температуре от 10 до 60 °С, а более предпочтительно при температуре окружающей среды.

В предпочтительном варианте осуществления, этап (С) выполняют в виде непрерывного или полунепрерывного процесса, причем дисперсию предпочтительно перемешивают турбулентным потоком, а более предпочтительно дополнительно не перемешивают.

В предпочтительном варианте осуществления используемое для магнитной сепарации на этапе (С) устройство представляет собой устройство, описанное в документе WO 2012/104292 A1.

В другом предпочтительном варианте осуществления, устройство, используемое для магнитной сепарации, представляет собой устройство, как описано в WO 2011/131411 A1, WO 2011/134710 A1, WO 2011/154178 A1, WO

2011/154204 A1, DE 20 2011 104 707 U1, WO 2011/107353 A1, WO 2012/068142 A1, WO 2012/069387 A1, WO 2012/116909 A1, WO 2012/107274 A1, WO 2013/167634 A1 или WO 2014/068142 A1.

В предпочтительном варианте осуществления устройство содержит по меньшей мере, один петлеобразный канал, через который протекает дисперсия.

В предпочтительном варианте осуществления устройство содержит по меньшей мере, один петлеобразный канал, по которому протекает дисперсия, и который имеет, по меньшей мере, два впускных и, по меньшей мере, два выпускных отверстия.

В предпочтительном варианте осуществления устройство для магнитной сепарации по настоящему изобретению работает в противотоке.

Магниты могут представлять собой любые магниты, известные специалистам в данной области, например, постоянные магниты, электромагниты и их сочетания. Предпочтительными являются постоянные магниты.

В предпочтительном варианте осуществления вокруг петлеобразного канала расположено множество магнитов. В предпочтительном варианте осуществления магнитные составляющие, которые присутствуют в дисперсии, накапливаются, по меньшей мере, частично, а предпочтительно в полном объеме, т.е. в пропорции не менее 60 мас.%, более предпочтительно не менее 90 мас.%, еще более предпочтительно не менее 99 мас.%, на стороне петлеобразного канала, обращенной по меньшей мере к одному магниту в результате воздействия магнитного поля, причем мас.% (массовый процент) определяют из расчета на общую массу магнитных составляющих.

На этапе (С) магнитная фракция I, включающая, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал, предпочтительно отделяется от, по меньшей мере, одного второго материала.

В предпочтительном варианте осуществления магнитная фракция I, которая получена после приложения магнитного поля и предпочтительно включает, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал, имеет первый сорт, по меньшей мере, одного ценного вещества. Специалист в данной области знает, что для определения сорта, по

меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала квалифицированному специалисту необходимо изолировать содержащий ценные вещества материал, например, путем отделения, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала от, по меньшей мере, одной магнитной частицы общепринятыми способами. Сорт можно определить, например, при помощи рентгеновской флуоресценции, огневого анализа и/или масс-спектрологии с индуктивно связанной плазмой (ICP\_MS).

В предпочтительном варианте осуществления магнитная фракция I, которую выделяют на этапе (C) обеспечивает сорт по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала на уровне 0,000001 - 80 мас.% ценного вещества, причем вес рассчитан по ценному веществу, которое присутствует в содержащем ценное вещество материале, а также по нецелевым немагнитным компонентам, таким как, по меньшей мере, один второй материал, как упоминалось выше. При использовании по тексту настоящего документа термин «сорт» относится к содержанию ценных веществ, присутствующих в содержащем ценные вещества материале. Содержащий ценное вещество материал, который присутствует в магнитных агломератах с по меньшей мере одной магнитной частицей, также может иметь сорт ценного вещества, который может определяться после деагломерации и магнитной сепарации от соответствующих магнитных частиц. При использовании по тексту настоящего документа сорт представляет собой мас.% ценного вещества в выделенном сухом твердом материале. Способы определения сорта содержащего ценное вещество материала в целом известны специалистам.

В предпочтительном варианте осуществления сорт, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала в магнитной фракции I составляет более 40 мас.% ценного вещества, более предпочтительно более 45 мас.% ценного вещества, еще более предпочтительно более 50 мас.% ценного вещества или наиболее предпочтительно более 55 мас.% ценного вещества.

Магнитная фракция I по-прежнему может содержать значительные количества нецелевых соединений. В одном предпочтительном варианте осуществления магнитная фракция I включает содержащий ценное вещество материал, и предпочтительно более 25 мас.%, по меньшей мере, одного второго



материала, более предпочтительно более 20 мас.%, еще более предпочтительно более 15 мас.% или наиболее предпочтительно более 10 мас.%.

Этап (D):

Этап (D) включает в себя диспергирование магнитной фракции I, которая содержит по меньшей мере, один магнитный агломерат, состоящий из, по меньшей мере, одной магнитной частицы и, по меньшей мере, одного содержащего ценное вещество материала, полученного на этап (C), в дисперсионной среде II, содержащей воду и, по меньшей мере, одно поверхностно-активное вещество для расщепления, с получением дисперсии II. Чтобы отличать от необязательно присутствующих других поверхностно-активных веществ, по меньшей мере, одно поверхностно-активное вещество, которое является обязательной частью, по меньшей мере, одной дисперсионной среды II, определяется как поверхностно-активное вещество для расщепления.

Магнитную фракцию I диспергируют сначала в воде, а во вторую очередь добавляют, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, или магнитную фракцию I диспергируют в смеси воды и, по меньшей мере, одного поверхностно-активного вещества для расщепления. Далее компоненты на этапе (D) взбалтывают для получения дисперсии II на этапе (D). Затем продолжают взбалтывание полученной дисперсии II, чтобы позволить магнитным частицам «отщепиться», соответственно выгрузиться из, по меньшей мере, одного содержащего ценное вещество материала.

Взбалтывание, например, перемешивание, встряхивание, подкачка или применение ультразвука и т.д., можно осуществлять любыми способами и устройствами, известными специалистам в данной области, например, с использованием перемешивающих сосудов, резервуаров, статорных или трубчатых смесителей. Скорость взбалтывания регулируют таким образом, чтобы предпочтительно, по меньшей мере, не возникало седиментации. Взбалтывание следует производить таким образом, чтобы хотя бы часть агломератов содержащего ценное вещество материала и, по меньшей мере, одна магнитная частица деагломерировались или разрушались в результате взбалтывания и воздействия, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества.

В предпочтительном варианте осуществления, добавляемое количество дисперсионной среды II представляет собой количество дисперсионной среды II, имеющее содержание твердых веществ от 0,1 до 50 мас.%, от 1 до 30 мас.% и от 5 до 20 мас.%, в каждом случае, исходя из массы всей полученной дисперсии II.

Содержание, в меньшей степени, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II предпочтительно находится в диапазоне 0,1 - 5 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей органических веществ магнитной части I в дисперсии II, более предпочтительно 0,2 части - 4 части, еще более предпочтительно 0,4 части - 3 части, наиболее предпочтительно 0,6 части - 2 части и, в частности, 0,8 части - 1,5 части. Содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II предпочтительно находится в диапазоне 0,01 частей - 0,5 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II, более предпочтительно 0,02 частей - 0,4 частей, еще более предпочтительно 0,04 частей - 0,3 частей, наиболее предпочтительно 0,06 частей - 0,2 частей и, в частности, 0,08 частей - 0,14 частей. Содержание твердых веществ магнитной фракции I в дисперсии II предпочтительно находится в диапазоне 1 - 25 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II, более предпочтительно 2 части - 20 частей, еще более предпочтительно 2 части - 14 частей, наиболее предпочтительно 3 части - 13 частей, в частности 4,5 части - 12 частей и особенно 5 частей - 10 частей. Вышеупомянутые значения содержания, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества относятся, по меньшей мере, к одному поверхностно-активному веществу для расщепления, а не к какому-либо содержанию какого-либо другого поверхностно-активного вещества, например, к следам, которые захвачены или остаются в магнитной фракции I.

В предпочтительном варианте осуществления, содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II находится в диапазоне 0,1 - 5 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей твердых веществ магнитной фракции I в дисперсии II.

В предпочтительном варианте осуществления, содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II находится в диапазоне 0,01 частей - 0,5 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II.

В предпочтительном варианте осуществления, содержание твердых веществ магнитной фракции I в дисперсии II находится в диапазоне 2 частей - 14 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II.

В предпочтительном варианте осуществления, содержание твердых веществ магнитной фракции I находится в диапазоне 4,5 частей - 12 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II.

Предпочтительно, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество представляет собой поверхностно-активное вещество с низким пенообразованием в водном окружении, например, дисперсию или раствор.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество представляет собой

- (i) по меньшей мере, один алкилэтоксилат, который может быть получен путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5.

В другом предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество представляет собой

- (ii) по меньшей мере, один алкилалкоксиэтоксилат, который может быть получен путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и

$u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

В дальнейшем префикс *n*- указывает на линейный алифатический остаток без алифатических заместителей у единственной цепи атома углерода в молекуле. Приставка *изо*- указывает на разветвленный алифатический остаток с одним или несколькими алифатическими заместителями в цепи атома углерода в молекуле, причем эта цепочка атомов углерода прикрепляется к ОН-группе и, если это условие выполняется, обладает наибольшим количеством атомов углерода в виде цепи. Единственная ОН-группа в  $R^1$ -ОН или  $R^2$ -ОН может быть присоединена к первичному атому углерода, и, таким образом,  $R^1$ -ОН или  $R^2$ -ОН представляет собой первичный спирт. Единственная ОН-группа в  $R^1$ -ОН или  $R^2$ -ОН может присоединяться к вторичному атому углерода, и, таким образом,  $R^1$ -ОН или  $R^2$ -ОН представляет собой вторичный спирт. В случае с разветвленным алифатическим остатком единственная ОН-группа в  $R^1$ -ОН или  $R^2$ -ОН может быть присоединена к третичному атому углерода и, таким образом,  $R^1$ -ОН или  $R^2$ -ОН представляет собой третичный спирт.

Предпочтительно,  $R^1$ -ОН и  $R^2$ -ОН представляют собой первичные спирты или вторичные спирты. Очень предпочтительно,  $R^1$ -ОН и  $R^2$ -ОН представляют собой первичные спирты, в случае если  $R^1$  и  $R^2$  являются разветвленными, и  $R^1$ -ОН и  $R^2$ -ОН представляют собой первичные спирты или вторичные спирты, в случае если  $R^1$  и  $R^2$  являются линейными. Наиболее предпочтительно,  $R^1$  и  $R^2$  представляют собой первичные спирты.

Разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил представляет собой, например, *n*-ундецил или *изо*ундецил, в частности, 2-метил-дец-1-ил; *n*-додецил или *изо*додецил, в частности, 2-метил-ундец-1-ил, 9-метил-ундец-1-ил, 4,8-диметил-дец-1-ил, 2,6,8-триметил-нон-1-ил, 2-этил-дец-1-ил, 2-этил-3-метил-нон-1-ил, 2,4-диэтил-окт-1-ил, 2-бутил-окт-1-ил; *n*-тридецил или *изо*тридецил, в частности, 2-метил-додец-1-ил, 11-метил-додец-1-ил, 2,4,8-триметил-дец-1-ил, 2,4,6,8-тетраметил-нон-1-ил, 2-этил-ундец-1-ил, 2,2-диэтил-нон-1-ил, 2-пропил-дец-1-ил; *n*-тетрадецил или *изо*тетрадецил, в частности, 2-метил-тридец-1-ил, 2,6,10-триметил-ундец-1-ил, 2,4,6,8-тетраметил-дец-1-ил, 2-этил-додец-1-ил, 7-этил-2-метил-ундец-1-ил, 2-(2-метилпропил)-дец-1-ил, 2-бутил-2-этил-6-метил-гепт-1-ил, 2-пентил-нон-1-ил, 2-гексил-окт-1-ил; *n*-пентадецил или *изо*пентадецил,

в частности, 2-метил-тетрадец-1-ил, 13-метил-тетрадец-1-ил, 3,7,11-триметил-додец-1-ил, 2-пропил-додец-1-ил, 3-гексил-нон-1-ил; н-гексадецил или изогексадецил, в частности, 2-метил-пентадец-1-ил, 14-метил-пентадец-1-ил, 2,4,8-триметил-тридец-1-ил, 4,8,12-триметил-тридец-1-ил, 2-этил-тетрадец-1-ил, 2-бутил-додец-1-ил, 2-гексил-декан-1-ил; н-гептадецил или изогептадецил, в частности, 2-метил-гексадец-1-ил; н-октадецил или изооктадецил, в частности, 2-метил-гептадец-1-ил, или их смесь.

Разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил представляет собой, например, ундец-10-ен-1-ил; н-октадеценил, в частности, (E)-октадец-9-ен-1-ил, (Z)-октадец-9-ен-1-ил, (9Z,12E)-октадека-9,12-диен-1-ил, (Z,Z,Z)-октадека-9,12,15-триен-1-ил, или изооктадеценил, или их смесь.

Разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил представляет собой, например, н-додецил или изододецил, в частности, 2-метил-ундец-1-ил, 9-метил-ундец-1-ил, 4,8-диметил-дец-1-ил, 2,6,8-триметил-нон-1-ил, 2-этил-дец-1-ил, 2-этил-3-метил-нон-1-ил, 2,4-диэтил-окт-1-ил, 2-бутил-окт-1-ил; н-тридецил или изотридецил, в частности, 2-метил-додец-1-ил, 11-метил-додец-1-ил, 2,4,8-триметил-дец-1-ил, 2,4,6,8-тетраметил-нон-1-ил, 2-этил-ундец-1-ил, 2,2-диэтил-нон-1-ил, 2-пропил-дец-1-ил; н-тетрадецил или изотетрадецил, в частности, 2-метил-тридец-1-ил, 2,6,10-триметил-ундец-1-ил, 2,4,6,8-тетраметил-дец-1-ил, 2-этил-додец-1-ил, 7-этил-2-метил-ундец-1-ил, 2-(2-метилпропил)-дец-1-ил, 2-бутил-2-этил-6-метил-гепт-1-ил, 2-пентил-нон-1-ил, 2-гексил-окт-1-ил; н-пентадецил или изопентадецил, в частности, 2-метил-тетрадец-1-ил, 13-метил-тетрадец-1-ил, 3,7,11-триметил-додец-1-ил, 2-пропил-додец-1-ил, 3-гексил-нон-1-ил; н-гексадецил или изогексадецил, в частности, 2-метил-пентадец-1-ил, 14-метил-пентадец-1-ил, 2,4,8-триметил-тридец-1-ил, 4,8,12-триметил-тридец-1-ил, 2-этил-тетрадец-1-ил, 2-бутил-додец-1-ил, 2-гексил-декан-1-ил; н-гептадецил или изогептадецил, в частности, 2-метил-гексадец-1-ил; н-октадецил или изооктадецил, в частности, 2-метил-гепта-дец-1-ил, или их смесь.

Разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил представляет собой, например, н-октадеценил, в частности, (E)-октадец-9-ен-1-ил, (Z)-октадец-9-ен-1-ил, (9Z,12E)-октадека-9,12-диен-1-ил, (Z,Z,Z)-октадека-9,12,15-триен-1-ил, или изооктадеценил, или их смесь.

Алкоксилирование спиртов  $R^1$ -ОН или  $R^2$ -ОН можно осуществлять с использованием хорошо известных методик. Соответствующий спирт реагирует с этиленоксидом, в случае с  $R^1$ -ОН, и с этиленоксидом и пропиленоксидом, этиленоксидом и бутиленоксидом или этиленоксидом, пропиленоксидом и бутиленоксидом, в случае с  $R^2$ -ОН, в присутствии подходящего катализатора, например, обычный основной катализатор, такой как гидроксид калия. В случае, если этиленоксид и пропиленоксид и/или бутиленоксид, алкоксиды могут добавляться в виде блоков в любом порядке или же могут добавляться случайным образом, т.е. добавляется смесь оксидов алкилена. Предпочтительно этиленоксид сначала реагирует с  $R^2$ -ОН, а затем с пропиленоксидом и/или бутиленоксидом, или же этиленоксид и пропиленоксид и/или бутиленоксид случайным образом реагируют с  $R^2$ -ОН. Очень предпочтительно, этиленоксид сначала реагирует с  $R^2$ -ОН, а затем с пропиленоксидом и/или бутиленоксидом. Предпочтительно алкоксилирование осуществляют с использованием основного катализатора, более предпочтительно с гидроксидом щелочного металла, очень предпочтительно с гидроксидом калия или гидроксидом натрия, особенно с гидроксидом калия.

В предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере, одно поверхностно-активное вещество для расщепления, т.е. (i) по меньшей мере, один алкилэтоксилат и (ii) по меньшей мере, один алкилалкоксиэтоксилат не блокируются по концам. Концевое блокирование означает, что продукт реакции, полученный в результате реакции алкоксилирования или реакций алкоксилирования, не подвергается дальнейшему взаимодействию с мишенью для превращения ОН-групп продуктов реакции, например, в простой эфир посредством алкилирования или в сложный эфир посредством этерификации.

В предпочтительном варианте осуществления,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5. Более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5. Очень предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5. В частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5. Более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5. В особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5.

В более предпочтительном варианте осуществления, способ отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает следующие этапы:

- (A) получение дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества, и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II; и
- (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал;
 

причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

  - i. алкилэтоксилов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1-OH$   $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1-OH$ , причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5, более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или

равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и

- ii. алкилалкоксиетоксилов, которые могут быть получены путем алкоксилации  $R^2-OH$   $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $u_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2-OH$ , причем  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и  $u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

В другом более предпочтительном варианте осуществления, использование, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- iii. алкилэтоксилов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1-OH$   $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1-OH$ , причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5, более предпочтительно,  $x_1$  является числом,



большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и

- iv. алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования R<sup>2</sup>-ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент R<sup>2</sup>-ОН, причем

R<sup>2</sup> представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и

$y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

В предпочтительном варианте осуществления, R<sup>1</sup> представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил. Наиболее предпочтительно, R<sup>1</sup> является линейным, незамещенным C12-C18 алкилом или разветвленным, незамещенным C13 алкилом.

В предпочтительном варианте осуществления,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,4 и меньшим или равным 13,0 и  $y_2$  является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0. Очень предпочтительно,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 12,5 и  $y_2$  является числом, большим или равным 1,9 и меньшим или равным 6,6.

В предпочтительном варианте осуществления,  $x_2$  больше или равен  $y_2$ . Более предпочтительно, соотношение  $x_2$  и  $y_2$  больше или равно 1,2 и меньшим или равным 4, наиболее предпочтительно соотношение  $x_2$  и  $y_2$  больше или равно 1,4 и меньше или равно 3,5, в частности, соотношение  $x_2$  и  $y_2$  больше или равно 1,6 и меньше или равно 3,0, более конкретно соотношение  $x_2$  и  $y_2$  больше или равно 1,8 и меньше или равно 2,4.

В предпочтительном варианте осуществления,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0,  $y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0, и  $x_2$  больше или равен  $y_2$ .

В предпочтительном варианте осуществления,  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C16 алкил. Более предпочтительно,  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C15 алкил. Еще более предпочтительно,  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C13-C15 алкил. В частности,  $R^2$  представляет собой разветвленный, незамещенный C13 алкил.

В более предпочтительном варианте осуществления, способ отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает следующие этапы:

- (A) получение дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества, и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II; и
- (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал; причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- i. алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1\text{-OH}$   $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1\text{-OH}$ , причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5. более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и
- ii. алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2\text{-OH}$   $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $u_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2\text{-OH}$ , причем  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,4 и меньшим или равным 13,0, более предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 12,5, и  $u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0, предпочтительно является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0, более предпочтительно числом, большим или равным 1,9 и меньшим или равным 6,6.

В другом более предпочтительном варианте осуществления, применение, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- i. алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем

$R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5. более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и

- ii. алкилалкоксииэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $u_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,4 и меньшим или равным 13,0, более предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 12,5, и

$u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0, предпочтительно является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0, более предпочтительно числом, большим или равным 1,9 и меньшим или равным 6,6.

В более предпочтительном варианте осуществления, способ отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает следующие этапы:

- (A) получение дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества, и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II; и
- (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал;
 

причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

  - i. алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1-OH$   $x1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1-OH$ , причем

$R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5. более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и

- ii. алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, более предпочтительно алкоксилирование  $R^2$ -ОН сначала осуществляют с  $x_2$  эквивалентами этиленоксида, с получением этоксилированного промежуточного продукта, и этоксилированный промежуточный продукт алкоксилируют с  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,4 и меньшим или равным 13,0, более предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 12,5, и

$y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0, предпочтительно является числом, большим или

равным 1,8 и меньшим или равным 7,0, более предпочтительно числом, большим или равным 1,9 и меньшим или равным 6,6.

В другом более предпочтительном варианте осуществления, применение, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- i. алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5. более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и
- ii. алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, более предпочтительно алкоксилирование  $R^2$ -ОН сначала осуществляют с  $x_2$  эквивалентами этиленоксида, с получением этоксилированного промежуточного продукта, и этоксилированный промежуточный продукт алкоксилируют с  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от

этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,4 и меньшим или равным 13,0, более предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 12,5, и

$y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0, предпочтительно является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0, более предпочтительно числом, большим или равным 1,9 и меньшим или равным 6,6.

В более предпочтительном варианте осуществления, способ отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает следующие этапы:

- (A) получение дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества, и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II, предпочтительно содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II



находится в диапазоне 0,1 - 5 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей твердых веществ магнитной фракции I в дисперсии II; и

(E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал;

причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

i. алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1-OH$   $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1-OH$ , причем

$R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5. более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и

ii. алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2-OH$   $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2-OH$ , более предпочтительно алкоксилирование  $R^2-OH$  сначала осуществляют с  $x_2$  эквивалентами этиленоксида, с получением этоксилированного промежуточного продукта, и этоксилированный промежуточный продукт алкоксилируют с  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида,

который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,4 и меньшим или равным 13,0, более предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 12,5, и

$u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0, предпочтительно является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0, более предпочтительно числом, большим или равным 1,9 и меньшим или равным 6,6.

В другом более предпочтительном варианте осуществления, применение, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- i. алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем

$R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5, предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,3 и меньшим или равным 6,5. более предпочтительно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5, в частности,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 6,5, более конкретно,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,8 и

меньшим или равным 6,5, в особенности,  $x_1$  является числом, большим или равным 5,0 и меньшим или равным 6,5; и

- ii. алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, более предпочтительно алкоксилирование  $R^2$ -ОН сначала осуществляют с  $x_2$  эквивалентами этиленоксида, с получением этоксилированного промежуточного продукта, и этоксилированный промежуточный продукт алкоксилируют с  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,4 и меньшим или равным 13,0, более предпочтительно  $x_2$  является числом, большим или равным 4,7 и меньшим или равным 12,5, и

$y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0, предпочтительно является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0, более предпочтительно числом, большим или равным 1,9 и меньшим или равным 6,6.

Оксо-спирты получают реакцией гидроформилирования путем добавления оксида углерода и водорода к олефину с получением альдегида. Далее следует гидрирование альдегида с получением оксо-спирта. Спирт Гербе получают путем превращения первичного исходного спирта в его бета-алкилированный димерный спирт с потерей одного эквивалента воды.

«Расщепление» или «разгрузку» на этапе (D) можно дополнительно поддержать, добавив на этапе (D) органические растворители, основные соединения, кислотные соединения, окислители, восстановители, второе поверхностно-активное вещество, которое отличается от, по меньшей мере, одного

поверхностно-активного вещества для расщепления, или их смеси. Второе ПАВ, отличающееся от, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества, представляет собой не то поверхностно-активное вещество, которое определено в (i), как, по меньшей мере, один алкилэтоксилат или (ii) по меньшей мере, один алкилалкоксиэтоксилат. В случае, если добавляется второе поверхностно-активное вещество отличается от, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества, его количество предпочтительно составляет менее 30 массовых частей второго поверхностно-активного вещества, которое отличается от, по меньшей мере, одного поверхностно-активного вещества для расщепления, из расчета на 100 массовых частей, по меньшей мере, расщепляющего поверхностно-активного вещества, более предпочтительно менее 20 массовых частей, очень предпочтительно более 0,1 массовых частей и менее 10 массовых частей и особенно более 0,5 массовых частей и менее 5 массовых частей. Более конкретно, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество представляет собой единственное поверхностно-активное вещество, добавляемое на этапе (D), особенно единственное поверхностно-активное вещество, добавляемое на этапе (D) и этапе (E), особенно единственное поверхностно-активное вещество, добавляемое после этапа (C) способа, и наиболее особенно единственное поверхностно-активное вещество, добавляемое на этапе (B) способа.

Примерами основных соединений являются водные растворы основных соединений, например, водные растворы гидроксидов щелочных и/или щелочноземельных металлов, таких как KOH или NaOH; известковая вода, водные растворы аммиака, водные растворы органических аминов общей формулы  $(R^7)_4N^+$ , где каждый из элементов  $R^7$  независимо выбран из линейного или разветвленного C1-C8 алкила.

После этапа (D) полученная дисперсия II содержит магнитные частицы, по меньшей мере, один содержащий ценное вещество материал и нецелевые компоненты, такие как, по меньшей мере, один второй материал, который не был удален на этапе (C).

Этап (E):

Этап (E) способа согласно заявленному в настоящее время изобретению включает отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная

фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал. В результате отделения получается немагнитная фракция II и магнитная фракция II. Магнитная фракция II, полученная на этапе (E), включает магнитные частицы и в идеале крайне малое количество, по меньшей мере, содержащего ценные вещества материала, либо такой материал отсутствует.

В предпочтительном варианте осуществления отделение на этапе (E) способа по настоящему изобретению выполняется путем применения магнитного поля, флотации, разделения плотных сред, гравитационного разделения, спирального концентратора или их комбинации, более предпочтительно путем применения магнитного поля.

Как уже отмечалось ранее в отношении этапа (C), в целом можно использовать любой известный специалистам способ разделения с применением магнитного поля. Наиболее предпочтительно, чтобы этап (E) проводился с использованием способа и устройства, упомянутых в отношении этапа (C), в частности способа и устройства, описанных в WO 2014/068142 A1.

В предпочтительном варианте осуществления, на этапе (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II включает отделение магнитной фракции II от дисперсии II путем применения магнитного поля, флотации, разделения в тяжелой среде, гравитационного разделения, концентрирования с помощью спирального концентратора и их комбинаций.

В предпочтительном варианте осуществления, на этапе (E) отделение магнитной фракции II от дисперсии II включает применение магнитного поля.

Применяемый по желанию этап (F):

Немагнитная фракция II, включающая по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал, при необходимости, подвергают дальнейшей обработке для получения, по меньшей мере, одного ценного вещества. Данная обработка представляет собой, например, плавку, экстракцию и/или мокрую химическую очистку.

Плавка – это процесс преобразования руды, лома или смеси материалов, содержащих различные металлы, в форму, из которой целевые металлы можно достать в виде металлического слоя, а нецелевые оксиды металлов, например, силикаты, глинозем и т.д., остаются в виде шлака. Во время плавки жидкая фаза с

высоким содержанием силикатов может отделиться от расплава более тяжелого металла. Поток расплава металла отводится через специальные отверстия в плавильном котле и подвергается дальнейшей обработке. Тем не менее, в этом случае иногда происходит не полная сепарация фаз, часть представляющего интерес металла задерживается в жидкой фазе шлака и остается там в диспергированном состоянии после отвердевания, в результате чего получают так называемый слой смешения. В целом, различают окислительные и восстановительные режимы плавки. Шлаковый материал так называемого слоя смешивания можно отделить согласно заявленному изобретению и получить в восстановительных или в окислительных условиях. Например, шлак, полученный в ходе операций по восстановлению металлов платиновой группы, например, на платиновых рудниках или при переработке старого катализатора и т.д., обычно образуется в восстановительных условиях, которые в качестве примера поясняются ниже. Энергия, которая необходима для нагревания массы выше температуры плавления, как правило, обеспечивается путем внешнего нагрева, например, с использованием газовых горелок или дуговой электропечи. Зачастую добавляют углерод или другие восстановительные материалы. Целью является восстановить соединения, в состав которых входят благородные металлы, до металлов. Восстановленные металлы и оксидная фаза не смешиваются и расслаиваются. Шлаки, полученные в восстановительных условиях, часто содержат остаточные металлы платиновой группы в виде свободных металлов или сплавов с другими переходными металлами, особенно с железом. Такие сплавы зачастую обладают ферромагнитными свойствами и после выделения могут быть сепарированы из шлаковой матрицы с использованием магнитного поля. Потери металлов платиновой группы в шлак происходят почти исключительно из-за неполного расслоения фаз жидкого металла и жидкого шлака – существенного образования твердого раствора металлов платиновой группы в шлаке не происходит.

В плавильной печи, которая работает в восстановительных условиях, большая часть сульфидов цветных металлов остается в виде сульфидов. Некоторые виды металлов, например, металлы платиновой группы, также могут оставаться самородными или иметь тенденцию мигрировать в магнитную фракцию. Для поддержки образования шлака иногда в печь подается магнетит. Платина и родий предпочтительно демонстрируют такой характер поведения, когда они переходят в

магнитную фракцию, таким образом, после процесса плавления эти благородные металлы в качестве примесей находятся в магнитной фракции, предпочтительно находящейся в шлаке.

Если плавильная печь работает в окислительных условиях, то окисляются сульфиды цветных металлов, а также соединения некоторых самородных металлов. В этом случае способ магнитной сепарации согласно заявленному изобретению редко используется без предварительной обработки. Однако если предпочтительно выполнять поверхностную обработку, например, селективное сульфидирование целевого ценного металла, то можно использовать способ магнитной сепарации согласно заявленному изобретению, как описано в настоящем документе. Помимо предпочтительной сульфидизации можно использовать и другие виды обработки поверхности для преобразования желаемых видов металлов в сульфидную, самородную или магнитную форму. Такие способы обработки известны специалистам в данной области.

Способ согласно заявленному изобретению позволяет выполнять используемый по желанию этап (F) более эффективно, например, с меньшими затратами энергии на этапе (F), поскольку сорт, по меньшей мере, одного содержащего ценные вещества материала немагнитной фракции II на этапе (E) повышается, и вместе с тем уменьшается количество материала, подлежащего обработке на последующих этапах процесса восстановления ценных веществ. Кроме того, производительность выполняемого по желанию этапа (F) можно увеличить при фиксированном размере устройства, используемого на указанном этапе (F).

В предпочтительном варианте осуществления, способ согласно заявленному изобретению дополнительно включает этап (F), который осуществляют после этапа (E):

- (F) обработка немагнитной фракции II, полученной на этапе (E), путем плавки, экстракции и/или влажной химической очистки.

Настоящее изобретение более подробно поясняется следующими вариантами осуществления и комбинациями вариантом осуществления изобретения, для которых приводятся соответствующие ссылки и ссылки на зависимые пункты и варианты осуществления.

### Варианты осуществления

I. Способ отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, причем способ включает следующие этапы:

- (A) получение дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества, и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один материал, содержащий ценные вещества;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II; и
- (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал;
 

причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

  - i. алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1-OH$   $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1-OH$ , причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и



- ii. алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2\text{-OH}$   $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2\text{-OH}$ , причем  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и  $y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

II. Применение, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- (i) алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1\text{-OH}$   $x_1$  эквивалентами этиленоксида, из расчета на один эквивалент  $R^1\text{-OH}$ , причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и
- (ii) алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2\text{-OH}$  с  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2\text{-OH}$ , причем

R2 представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

x2 является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и

y2 является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

III. Способ или применение по варианту осуществления I или II, причем, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал предварительно обработан, по меньшей мере, одним собирателем.

IV. Способ или применение по варианту осуществления III, причем, по меньшей мере, один собиратель выбран из группы, состоящей из неионизирующих собирателей и ионизирующих собирателей.

V. Способ или применение по варианту осуществления IV, причем неионизирующий собиратель представляет собой минеральное масло.

VI. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - V, причем, по меньшей мере, одно ценное вещество выбрано из группы, включающей Ag, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Mo, Ni, Mn, Zn, Pb, Te, Sn, Hg, Re, V, Fe или их комбинации или сплавы.

VII. Способ или применение по варианту осуществления VI, причем, по меньшей мере, одно ценное вещество представляет собой Mo.

VIII. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - VII, причем, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал представляет собой рудный минерал.

IX. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - VIII, причем, по меньшей мере, одно ценное вещество представляет собой графит.

X. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - IX, причем, по меньшей мере, один второй материал представляет собой, по меньшей мере, один гидрофильный материал.

XI. Способ или применение по варианту осуществления X, причем, по меньшей мере, один гидрофильный материал выбран из группы, состоящей из

диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), силикатов, алюмосиликатов, слюды и гранат ( $\text{Mg, Ca, Fe}^{\text{II}}\text{)}_3(\text{Al, Fe}^{\text{III}}\text{)}_2(\text{SiO}_4)_3$ .

XII. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XI, причем, по меньшей мере, одна магнитная частица выбрана из группы, состоящей из магнитных металлов и их смесей, ферромагнитных сплавов магнитных металлов и их смесей, магнитных оксидов железа, кубических ферритов общей формулы M-I



причем M выбран из Co, Ni, Mn, Zn или их смеси, и  $m \leq 1$ , гексаферриты и их смеси.

XIII. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XII, причем, по меньшей мере, одна магнитная частица представляет собой гидрофобизированную магнитную частицу.

XIV. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XIII, причем, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал присутствует в виде частиц.

XV. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XIV, причем  $\text{R}^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил.

XVI. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XV, причем  $\text{R}^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C16 алкил.

XVII. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XVI, причем  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5.

XVIII. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XVII, причем  $x_2$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 13,0, и  $y_2$  является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0.

XIX. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XVIII, причем алкоксилирование  $\text{R}^2$ -ОН сначала осуществляют с  $x_2$  эквивалентами этиленоксида, с получением этоксилированного промежуточного продукта, и этоксилированный промежуточный продукт алкоксилируют с  $y_2$  эквивалентами

алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь.

XX. Способ или применение по любому из вариантов осуществления I - XIX, причем алкиленоксид, отличный от этиленоксида, представляет собой пропиленоксид.

XXI. Способ по любому из вариантов осуществления I - XX, причем на этапе (B) магнитная частица и, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал образуют аггломерат.

XXII. Способ по любому из вариантов осуществления I - XXI, причем на этапе (D) содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II находится в диапазоне 0,1 - 5 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей твердых веществ магнитной фракции I в дисперсии II.

XXIII. Способ по любому из вариантов осуществления I - XXII, причем на этапе (D) содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II находится в диапазоне 0,01 частей - 0,5 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II.

XXIV. Способ по любому из вариантов осуществления I - XXIII, причем на этапе (D) содержание твердых веществ магнитной фракции I в дисперсии II находится в диапазоне 2 частей - 14 массовых частей, из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II.

XXV. Способ по любому из вариантов осуществления I - XXIV, причем на этапе (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II включает отделение магнитной фракции II от дисперсии II путем применения магнитного поля, флотации, разделения в тяжелой среде, гравитационного разделения, концентрирования с помощью спирального концентратора и их комбинаций.

XXVI. Способ по любому из вариантов осуществления I - XXV, дополнительно включающий этап (F), который осуществляют после этапа (E):

(F) обработка немагнитной фракции II, полученной на этапе (E), путем плавки, экстракции и/или влажной химической очистки.

## ПРИМЕРЫ

Следующие примеры дополнительно иллюстрируют изобретение без ограничения области его применения. Если не указано иное, процентные значения представляют собой проценты по массе.

### А) Материалы

Во всех испытаниях в качестве дисперсионной среды использовалась фильтрованная вода из реки Рейн, взятая из системы водоснабжения компании BASF.

В качестве ЭДТА-Na<sub>2</sub> использовали тетраацетат динатрия этилендиамина.

Shellsol® D40 (TM Shell) был приобретен у компании Bernd Kraft GmbH. Это смесь углеводородов C9-C11. Он при 20°C имеет кинематическую вязкость 1,31 мм<sup>2</sup>/с.

В качестве топлива используют дизельное топливо. Это смесь углеводородов, при 20 °C имеющая кинематическую вязкость 4,98 мм<sup>2</sup>/с.

Поверхностно-активные вещества доступны в продаже от компаний BASF, Clariant или Sasol или в случае с алкилалкоксиэтоксилатами получены общеизвестными методами алкоксилирования спиртов необходимыми эквивалентами этиленоксида (ЭО) и алкиленоксидов, кроме этиленоксида, за которым, при необходимости, следует концевая группа.

### Алкилетоксилат

(ЭО = этиленоксид, тип спирта и эквиваленты ЭО на один эквивалент спирта в качестве исходного материала реакции этоксилирования)

S1	C11C14 оксо-спирт 5EO
S2	C11C14 оксо-спирт 6EO
S3	C12C18 линейный спирт 5EO
S4	C12C18 линейный спирт 6EO
S5	изо-C13 оксо-спирт 5EO
S6	изо-C13 оксо-спирт 6EO
S7	изо-C13 оксо-спирт 6,5EO
S8	C13C15 оксо-спирт 5EO
S9	C10 спирт Гербе 8EO

Алкилалкоксиэтоксилат

(ЕО = этиленоксид, РО = пропиленоксид, БО = бутиленоксид)

Общее описание синтеза первого ЕО [... спирт  $x_2$ ЕО +  $y_2$  ...]

Один эквивалент соответствующего спирта сначала этоксилировали указанным количеством эквивалентов этиленоксида и вторично алкоксилировали указанным количеством эквивалентов пропиленоксида или бутиленоксида в присутствии гидроксида калия, выступающего в качестве катализатора. Реакционную смесь затем нейтрализовали, например, уксусной кислотой. При необходимости блокирование концов проводили путем метилирования, например, диметилсульфатом. Затем реакционную смесь обрабатывали водой для смыва солей, образовавшихся при нейтрализации. Затем конечный продукт выделяли из водной фазы путем разделения фаз.

Общее описание синтеза первого РО [... спирт  $y_2$ РО +  $x_2$ ЕО]

Один эквивалент соответствующего спирта сначала пропоксилировали указанным количеством эквивалентов пропиленоксида, а затем этоксилировали указанным количеством эквивалентов этиленоксида в присутствии гидроксида калия, выступающего в качестве катализатора. Затем реакционную смесь нейтрализовали, например, уксусной кислотой. Затем реакционную смесь обрабатывали водой для смыва солей, образовавшихся при нейтрализации. Затем конечный продукт выделяли из водной фазы путем разделения фаз.

Общее описание синтеза для случайных ЕО и РО [... спирт  $x_2$ ЕО +  $y_2$ РО (случайное)]

Один эквивалент соответствующего спирта алкоксилировали смесью указанного количества эквивалентов этиленоксида и заявленных количеств эквивалентов пропиленоксида в присутствии гидроксида калия, выступающего в качестве катализатора. Затем реакционную смесь нейтрализовали, например, уксусной кислотой. Затем реакционную смесь обрабатывали водой для смыва солей, образовавшихся при нейтрализации. Затем конечный продукт выделяли из водной фазы путем разделения фаз.

S10	C13C15 оксо-спирт 5ЕО + 2БО
S11	изо-C13 оксо-спирт 6ЕО + 3РО
S12	C13C15 оксо-спирт 12ЕО + 6РО (случайное)

Магнетиты-носители были основаны на ElectrOxide20 производства компании Höganäs AB, покрытом покрытием на основе С2-силана производства компании Nano-X GmbH. Магнетиты имели средний размер частиц  $d_{80}$  8 мкм. Используемый образец магнетита получали путем суспендирования магнетита в растворе силана Nano-X, содержащего диметилвые звенья, в изопропанол, с перемешиванием смеси в течение одного часа и выпариванием растворителя. Перед кондиционированием подачей с концентрата Мо на этапе загрузки магнетиты суспендировали в 0,1 мас.% растворе ПАВ 36 в воде (14 мас.% содержания твердых веществ в магнетитах) с помощью лопастной мешалки с шагом 30 мм при 600 об/мин в течение 15 мин.

Исходный молибденовый концентрат охарактеризовали кислотным разложением его твердых веществ и ICP-анализом полученного раствора. Он содержал 2,1 мас.% Си, 36 мас.% Мо и 2,4 мас.% Fe. Содержание нерастворимых веществ в нем составляло 26,5 мас.%. Показатель ТОС (общее количество органического углерода) в нем составлял 0,8% масс., а потери при высушивании составили 5 мас.%.

Модальный минералогический состав исходного концентрата Мо характеризовался анализом высвобождения минералов следующим образом: 49 мас.% молибденита, 9 мас.% пирофиллита, 5 мас.% каолинита, 3 мас.% кварца, 1 мас.% халькопирита, 0,5 мас.% иллита, 0,5 мас.% пирита, а остальное пришлось на различные молибденсодержащие глинистые фазы. Исходный концентрат Мо находился в виде частиц со средним размером частиц  $d_{80}$  40 мкм и гранулометрическим составом  $d_{50}$  17,4 мас.% и  $d_{80}$  39,8 мас.%.

## В) Способы

Элементный состав исходного концентрата Мо определяли кислотным разложением твердого вещества и ICP-анализом полученного раствора.

Нерастворимое содержание исходного концентрата Мо измеряли по следующей методике: образец материала массой 1 г обрабатывали смесью 10 мл концентрированной азотной кислоты и 3 мл концентрированной хлорной кислоты при 150°C до полного испарения жидкости. Остаток суспендировали в 10 мл концентрированной соляной кислоты при 150°C, отфильтровали, а затем остаток

на фильтре 3 раза промыли водой. Оставшийся остаток на фильтре прокалили при 600°C. Масса этого остатка представляла собой нерастворимое содержимое.

Показатель ТОС (общий органический углерод) исходного концентрата Мо измеряли путем сжигания углерода в потоке воздуха и анализа образовавшихся воды и углекислого газа.

Потери при высушивании определяли с помощью галогенного анализатора влажности Mettler Toledo HB43-S при 130 °C.

Гранулометрическое распределение частиц измеряли методом лазерной дифракции с использованием Malvern Mastersizer 2000.

Конечные суспензии, полученные в результате магнитной сепарации, фильтровали и сушили в вакууме при 90°C. Перед анализом сухие материалы гомогенизируют в вибрационной мельнице Retsch MM400 (стакан 25 мл, футерованный ZrO<sub>2</sub>, с одним шариком ZrO<sub>2</sub> диаметром 15 мм).

Элементный анализ конечных суспензий проводился с использованием мобильного RFA-анализатора (Olympus Innov-X), откалиброванного по данным ICP-анализа материалов с аналогичным матричным составом, как и у различных фракций пробы, т.е. сырье, магнитные и немагнитные фракции.

Во всех экспериментах расчет извлечения  $R_i$  давался как распределение Мо и Си, рассчитанное по массам Си и Мо, восстановленных в магнитной ( $m_{C,i}$ ) и немагнитной фракциях ( $m_{T,i}$ ):

$$R_i = m_{C,i} / (m_{C,i} + m_{T,i}), \text{ где } i = \text{Cu, Mo}$$

Этот метод расчета был выбран в связи с тем, что он сводит к минимуму ошибки, связанные с отбором проб сырья и с содержанием летучих компонентов в сырьевом материале, что не нужно было учитывать в рамках данного документа. Массовый баланс каждого эксперимента также проверялся и был близок к 100%.

При проведении экспериментов по разгрузке извлечение Мо в немагнитную фракцию также называли эффективностью выгрузки.

### С) Примеры загрузки/выгрузки

С-1: Примеры загрузки/выгрузки молибденового концентрата из расчета 5,6 частей твердых веществ на 100 частей воды



Для загрузки 150 г исходного концентрата Мо диспергировали в 450 г воды и перемешивали миксером UltraTurax T50 при скорости 6000 об/мин. Пульпу фильтровали с получением влажного осадка на фильтре с потерями при высыхании 78,6% (при 130°C). Этот влажный материал в количестве, соответствующем 120 г сухого твердого вещества (152,7 г), помещали в химический стакан емкостью 1000 мл, оснащенный перегородками, и диспергировали с дополнительными 327,3 г воды с получением суспензии из 120 г твердого вещества в 360 г воды, т.е. содержание твердого вещества 25 мас.%. К этой суспензии добавляли 9 мг соли ЭДТА-Na<sub>2</sub> (200 ммоль/кг) и суспензию перемешивали в течение 5 мин миксером UltraTurax T50 при скорости 6000 об/мин. После этого добавляли 3 г дизельного топлива и перемешивали еще 2 минуты с помощью UltraTurax T50 при скорости 6000 об/мин (суспензию охлаждали в ледяной бане, чтобы избежать нагревания и испарения Shellsol). К этой смеси добавляли 3 г предварительно диспергированного магнетита (21,4 г суспензии с 14 частями частиц магнетита, 0,086 частей ПАВ 36 и 85,914 частей воды) и перемешивали лопастной мешалкой с шагом 45 мм в течение 15 мин при скорости 1000 об/мин. Эту суспензию подавали в лабораторный сепаратор Eriez L4, оснащенный матрицей из клинообразной проволоки 4x2 с расходом 6 л/ч при магнитном поле 0,7 Тл. Разделение осуществляли в 4 этапа, чтобы избежать перегрузки матрицы. Между каждым шагом матрицу выносили за пределы магнитного поля и промывали водой. Магнитные фракции объединяли фильтрованием и использовали в качестве аликвот влажного фильтрационного осадка в скрининговых испытаниях с выгрузкой в течение одного дня.

Для выгрузки 28 г (сухая масса) загруженной магнитной фракции диспергировали в 500 г воды в виде влажного осадка на фильтре (твердые вещества к воде: 5,6 частей твердых веществ на 100 частей воды) в 2-литровом стакане с перегородками и перемешивали лопастной мешалкой с шагом 70 мм при скорости 300 об/мин. К этой суспензии добавляли 0,28 г поверхностно-активного вещества, как описано в Таблице С-1-1 (ПАВ к твердым веществам: 1 часть ПАВ на 100 частей твердых веществ, ПАВ к воде: 0,056 частей ПАВ на 100 частей воды). Эту смесь перемешивали в течение 10 минут на 300 об/мин. Затем суспензию напрямую перекачивали в магнитный сепаратор при непрерывном перемешивании, мелкодисперсный остаточный исходный материал смывали в подающий насос небольшим количеством воды. Разделение осуществляли в магнитном сепараторе,

как описано в WO 2014/068142 A1, включающем Г-образную стеклянную трубку с внутренним диаметром 10 мм (цифры в скобках напоминают номера в пунктах 1 и 5 WO 2014/068142 A1). Стеклянная трубка Г-образной формы состояла из первой прямой вертикальной трубки (1) и коленчатой трубки, которая заканчивается первой прямой трубкой перпендикулярно первой вертикальной прямой трубке. Колено трубки имело радиус кривизны около 80 мм. На входе прохода от вертикальной трубки до колена была установлена вторая вертикальная трубка, продолжающая первую вертикальную трубку, которая обеспечивала поток жидкости от входа первой вертикальной трубки во вторую вертикальную трубку и в колено и, таким образом, в первую перпендикулярную трубку. Вдоль Г-образной трубки, состоящей из первой вертикальной трубки, колена и первой перпендикулярной трубки, во внутренней части Г-образной формы треугольным образом смонтирована конвейерная лента (7), что выполнено с помощью трех барабанов, установленных в верхней части первой перпендикулярной трубки в изгибе колена и на конце первой перпендикулярной трубки. На конвейерной ленте имеющие форму ярма магниты были расположены так, что Г-образная трубка была окружена ярмами. Электродвигатель перемещал конвейерную ленту, а, следовательно, и магниты ярма вдоль Г-образной трубки. На внешней части Г-образной трубки у первой перпендикулярной трубки была установлена еще одна третья вертикальная трубка (3), обеспечивающая поток жидкости в первую перпендикулярную трубку. Этот сепаратор работал таким образом, что суспензию подавали в верхнюю часть первой вертикальной трубки (2) с помощью перистальтического насоса. На конце первой перпендикулярной трубки (5) другой перистальтический насос создавал поток жидкости к концу первой перпендикулярной трубки. Через третью перпендикулярную трубку (3) в первую перпендикулярную трубку подавали другой поток жидкости. Таким образом, в сепаратор подавали поток шлама из верха первой вертикальной трубки, поток промывочной воды подавали в третью вертикальную трубку, а из сепаратора через вторую вертикальную трубку (4) и через первую перпендикулярную трубку выходили потоки пульпы. Настройки насосов выполняли таким образом, чтобы сумма потоков питающей жидкости равнялась сумме потоков выходящей жидкости. Конвейерная лента с ярмами-магнитами перемещалась в направлении, параллельном потоку жидкости в первой вертикальной трубке. Любая магнитная частица притягивалась к внутренней стенке Г-образной трубки, откуда

перемещалась движущимися магнитами вдоль колена в первую перпендикулярную трубку. Поток промывочной воды в третью вертикальную трубку был настроен достаточно высоко, чтобы препятствовать попаданию немагнитных частиц из суспензии в первой вертикальной трубке в первую перпендикулярную трубку. Для примеров настройки потока были следующими: Подавали суспензию потоком в первую вертикальную трубку со скоростью 24 л/ч и магнитную цепь вращали в прямоходном режиме со скоростью 10 см/сек. Поток промывочной воды в третью вертикальную трубку подавали с расходом 12 л/ч, а магнитную фракцию откачивали с расходом 7 л/ч. Исходя из этих настроек, поток суспензии, выходящей из второй вертикальной трубки, был рассчитан как 29 л/ч. Этот последний поток содержал немагнитные частицы исходного потока. Магнитную фракцию и немагнитную фракцию собирали отдельно в виде конечной суспензии. Полученные значения извлечения  $M_o$ , содержащегося в немагнитной фракции, показаны в Таблице С-1-1.

Таблица С-1-1

пример №	ПАВ	химическая характеристика ПАВ	извлечение $M_o$ при выгрузке <sup>с)</sup>
С-1-1-1 <sup>b)</sup>	S1	С11С14 оксо-спирт 5ЕО	99,03
С-1-1-2 <sup>b)</sup>	S2	С11С14 оксо-спирт 6ЕО	99
С-1-1-3 <sup>b)</sup>	S3	С12С18 линейный спирт 5ЕО	99,08
С-1-1-4 <sup>b)</sup>	S4	С12С18 линейный спирт 6ЕО	99,5
С-1-1-5 <sup>b)</sup>	S5	изо-С13 оксо-спирт 5ЕО	99,39
С-1-1-6 <sup>b)</sup>	S6	изо-С13 оксо-спирт 6ЕО	99,63
С-1-1-7 <sup>b)</sup>	S7	изо-С13 оксо-спирт 6,5ЕО	98,39
С-1-1-8 <sup>b)</sup>	S8	С13С15 оксо-спирт 5ЕО	99,77
С-1-1-9 <sup>a)</sup>	S9	С10 спирт Гербе 8ЕО	86,33
С-1-1-10 <sup>b)</sup>	S10	С13С15 оксо-спирт 5ЕО + 2ВО	99,3
С-1-1-11 <sup>b)</sup>	S11	изо-С13 оксо-спирт 6ЕО + 3РО	99,07
С-1-1-12 <sup>b)</sup>	S12	С13С15 оксо-спирт 12ЕО + 6РО (случайное)	99,27

a) вне области действия

b) согласно изобретению

c) извлеченное массовое содержание  $M_o$  в немагнитной фракции в конце выгрузки и на основе массового содержания  $M_o$  в загружаемой магнитной фракции в начале выгрузки

Результаты в Таблице С-1-1 показывают, что высокая эффективность выгрузки отличается в зависимости от химической характеристики поверхностно-активного вещества. Эффективность выгрузки  $M_0$  зависит от химической характеристики ПАВ.

Проверка химической характеристики лучших ПАВ в Таблице С-1-1 показывает, что это алкилэтоксилаты на основе спиртов с 11 - 18 атомами углерода и этоксилированные 5, 6 или 6,5 эквивалентами этиленоксида или алкилалкоксиэтоксилаты на основе спиртов с 13 - 15 атомами углерода, а также алкоксилирование с 5 - 12 эквивалентами этиленоксида и 2 - 6 эквивалентами пропиленоксида или бутиленоксида.

## Формула изобретения

1. Способ отделения содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала от дисперсии I, содержащей указанный содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал и, по меньшей мере, один второй материал, **отличающийся тем**, что способ включает следующие этапы:

- (A) предоставление дисперсии I, содержащей, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал и, по меньшей мере, один второй материал;
- (B) приведение в контакт дисперсии I, полученной на этапе (A), с, по меньшей мере, одной магнитной частицей, с получением контактируемой дисперсии I;
- (C) отделение магнитной фракции I от контактируемой дисперсии I путем приложения магнитного поля, причем магнитная фракция I содержит, по меньшей мере, одну магнитную частицу и, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал;
- (D) диспергирование магнитной фракции I в, по меньшей мере, одной дисперсионной среде II, которая содержит воду и, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество, с получением дисперсии II; и
- (E) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II, причем немагнитная фракция II содержит содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал; причем, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из
  - (i) алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и

$x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и

- (ii) алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $u_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,  
 $x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и  
 $u_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

2. Применение, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества для расщепления агломератов, содержащих магнитные частицы и содержащий, по меньшей мере, одно ценное вещество материал, с получением магнитных частиц и содержащего, по меньшей мере, одно ценное вещество материала отдельно, **отличающееся тем**, что, по меньшей мере, одно расщепляющее поверхностно-активное вещество выбрано из группы, состоящей из

- (i) алкилэтоксилатов, которые могут быть получены путем этоксилирования  $R^1$ -ОН  $x_1$  эквивалентами этиленоксида из расчета на один эквивалент  $R^1$ -ОН, причем  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C11-C18 алкенил, и  
 $x_1$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 6,5; и
- (ii) алкилалкоксиэтоксилатов, которые могут быть получены путем алкоксилирования  $R^2$ -ОН  $x_2$  эквивалентами этиленоксида и  $u_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь, из расчета на один эквивалент  $R^2$ -ОН, причем

$R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил,

$x_2$  является числом, большим или равным 4,0 и меньшим или равным 14,0, и

$y_2$  является числом, большим или равным 1,7 и меньшим или равным 8,0.

3. Способ или применение по п. 1 или 2, **отличающиеся тем**, что, по меньшей мере, один содержащий ценные вещества материал предварительно обрабатывают, по меньшей мере, одним собирателем.

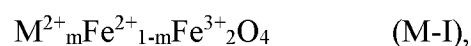
4. Способ или применение по п. 3, **отличающиеся тем**, что, по меньшей мере, один собиратель выбирают из группы, состоящей из неионизирующих собирателей и ионизирующих собирателей.

5. Способ или применение по любому из пп. 1 - 4, **отличающиеся тем**, что, по меньшей мере, одно ценное вещество выбирают из группы, включающей Ag, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Mo, Ni, Mn, Zn, Pb, Te, Sn, Hg, Re, V, Fe или их комбинации или сплавы.

6. Способ или применение по п. 6, **отличающиеся тем**, что, по меньшей мере, одно ценное вещество представляет собой Mo.

7. Способ или применение по любому из пп. 1 - 6, **отличающиеся тем**, что, по меньшей мере, один второй материал представляет собой, по меньшей мере, один гидрофильный материал.

8. Способ или применение по любому из пп. 1 - 7, **отличающиеся тем**, что, по меньшей мере, одну магнитную частицу выбирают из группы, состоящей из магнитных металлов и их смесей, ферромагнитных сплавов магнитных металлов и их смесей, магнитных оксидов железа, кубических ферритов общей формулы M-I



причем M выбран из Co, Ni, Mn, Zn или их смесей, и  $m \leq 1$ , гексаферритов и их смесей.

9. Способ или применение по любому из пп. 1 - 8, **отличающиеся тем**, что, по меньшей мере, одна магнитная частица представляет собой гидрофобизированную магнитную частицу.

10. Способ или применение по любому из пп. 1 - 9, **отличающиеся тем**, что,  $R^1$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкил или разветвленный или линейный незамещенный C12-C18 алкенил.

11. Способ или применение по любому из пп. 1 - 9, **отличающиеся тем**, что,  $R^2$  представляет собой разветвленный или линейный незамещенный C12-C16 алкил.

12. Способ или применение по любому из пп. 1 - 11, **отличающиеся тем**, что,  $x_1$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 6,5.

13. Способ или применение по любому из пп. 1 - 12, **отличающиеся тем**, что,  $x_2$  является числом, большим или равным 4,5 и меньшим или равным 13,0, и  $y_2$  является числом, большим или равным 1,8 и меньшим или равным 7,0.

14. Способ или применение по любому из пп. 1 - 13, **отличающиеся тем**, что, алкоксилирование  $R^2$ -ОН сначала осуществляют с  $x_2$  эквивалентами этиленоксида, с получением этоксилированного промежуточного продукта, и этоксилированный промежуточный продукт алкоксилируют с  $y_2$  эквивалентами алкиленоксида, отличными от этиленоксида, который представляет собой пропиленоксид, бутиленоксид или их смесь.

15. Способ по любому из пп. 1 - 14, **отличающийся тем**, что на этапе (D) содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II находится в диапазоне 0,1 - 5 массовых частей из расчета на 100 массовых частей твердых веществ магнитной фракции I в дисперсии II.

16. Способ по любому из пп. 1 - 15, **отличающийся тем**, что на этапе (D) содержание, по меньшей мере, одного расщепляющего поверхностно-активного вещества в дисперсии II находится в диапазоне 0,01 - 0,5 массовых частей из расчета на 100 массовых частей воды в дисперсии II.



17. Способ по любому из пп. 1 - 16, **отличающийся тем**, что на этапе (Е) отделение немагнитной фракции II от дисперсии II включает отделение магнитной фракции II от дисперсии II путем применения магнитного поля, флотации, разделения в тяжелой среде, гравитационного разделения, концентрирования с помощью спирального концентратора и их комбинаций.