

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047769**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.09.06**

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

(21) Номер заявки  
**202390397**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.07.27**

---

(54) **ВСПЕНИВАТЕЛЬ ДЛЯ ФЛОТАЦИИ РУД**

---

(31) **20190647.6**

(32) **2020.08.12**

(33) **EP**

(43) **2023.05.24**

(86) **PCT/EP2021/071031**

(87) **WO 2022/033868 2022.02.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БАСФ СЕ (DE)**

(72) Изобретатель:  
**Стюарт Грейм Леви, Михайловский  
Алексей, Цук Йоав (DE)**

(74) Представитель:  
**Беляева Е.Н., Беляев С.Б. (BY)**

(56) US-A-3595390  
US-A1-2009266746  
GB-A-2212418  
US-A-4039466

(57) Изобретение относится к способу флотации руды, который включает следующие этапы: (A) предоставление водной суспензии, содержащей (i) руду, которая находится в виде частиц, (ii) воду, (iii) первый вспениватель, который представляет собой поли(тетрагидрофуран), во флотационной камере с получением предусмотренной способом водной суспензии, (B) подачу воздуха в полученную водную суспензию с получением пены. Описана конкретная водная суспензия, содержащая частицы руды и поли(тетрагидрофуран). Кроме того, описано применение поли(тетрагидрофурана) в качестве вспенивателя для водной суспензии, содержащей руду в виде частиц.

**B1**

**047769**

**047769**

**B1**

Настоящее изобретение относится к способу флотации руды, который включает подачу воздуха в водную суспензию, содержащую руду, которая находится в виде частиц и поли(тетрагидрофуран). Дополнительные варианты осуществления представляют собой водную суспензию, содержащую руду в виде частиц и поли(тетрагидрофуран).

Пенная флотация представляет собой способ, который широко применяется для отделения мелко-дисперсных твердых частиц от других твердых частиц за счет различий в смачиваемости поверхностей твердых частиц. Разделение твердой смеси может обеспечиваться за счет селективного присоединения гидрофобных твердых частиц к пузырькам газа. В качестве газа чаще всего используют воздух. Газ пропускают через жидкую смесь неочищенных твердых частиц со скоростью, которая позволяет обеспечить стабильность "пены" или скопление пузырьков на границе между жидкостью и поверхностью. Разница в плотности между пузырьками газа и жидкостью обеспечивает плавучесть прикрепленных твердых частиц, в результате чего гидрофобные твердые частицы поднимаются на поверхность, а негидрофобные твердые частицы остаются в жидкой смеси. Гидрофобные твердые частицы на поверхности остаются прикрепленными к поверхности пузырьков, которые образуют пену, и впоследствии могут быть отделены от объемной жидкой смеси путем слива жидкой объемной смеси или механического снятия пены с поверхности.

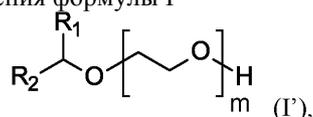
Использование вспенивающего агента (вспенивателя или пенообразователя) необходимо при большинстве видов работ по переработке полезных ископаемых, в которых в качестве метода селективного концентрирования определенных минералов используют пенную флотацию. Вспенивающий агент стабилизирует пузырьки газа, которые выносят гидрофобные твердые частицы на поверхность объемной жидкой смеси. Стабилизация пузырьков или образовавшейся на поверхности пены повышает эффективность отделения гидрофобных частиц от объемной жидкой смеси твердых веществ. Характеристики получаемой пены важны для успешного применения способа флотации. В качестве пенообразователей в способах пенной флотации руды или угля использовали несколько различных классов химреагентов.

US 2611485 раскрывает вспениватели для пенной флотации руд, представляющие собой низшие алкильные и фенилмоноэфиры пропиленгликоля или полипропиленгликолей.

US 2695101 раскрывает вспениватели для пенной флотации руд и угля, которые представляют собой дигидроксисоединения, такие как полипропиленгликоли. Например, полученные за счет реакции оксида пропилена с пропиленгликолем по уравнению  $\text{HOС}_3\text{H}_6\text{OH} + m\text{C}_3\text{H}_6\text{O} \rightarrow \text{HO}(\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{O})_m\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{OH}$ . Желательно применять чистое соединение, реакционную смесь либо смешанные фракции.

В заявке US 3595390 описаны вспениватели для пенной флотации руд и угля, которые представляют собой поли(этиленпропилен)гликоли или моноэфиры низших алкилов поли(этиленпропилен)гликолей со средней молекулярной массой в диапазоне от порядка 150 до около 2500.

US 2006/0239876 A1 раскрывает вспениватели для пенной флотации руд и угля, представляющие собой вторичные спирты  $\text{C}_3\text{-C}_9$ , обладающие низкой степенью этоксилирования. В соответствии с одним аспектом изобретения, данные соединения формулы I'



отличающиеся тем, что каждый из  $\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  независимо представляет собой  $\text{C}_1\text{-C}_4$ -алкил, а  $m$  равно 1, 2, 3, 4 или 5. В другом аспекте изобретение представляет собой композицию из, по меньшей мере, двух соединений формулы I', где  $m$  - целое число  $\geq 0$ , а среднее молярное значение  $n$  для суммы соединений формулы I' находится в диапазоне от 1 до 3. В качестве сравнительного вспенивателя в примерах указан МИБК (метилизобутилкарбинол, соединение с  $\text{R}_1 = \text{C}_1$ -алкилом,  $\text{R}_2 = \text{трет-бутил}$  и  $m = 0$ ).

По-прежнему сохраняется необходимость в дополнительных вспенивателях для флотации руды. В первом аспекте привлекательным является уменьшение количества химреагентов в рамках флотационного способа в целом. Соответственно, целью является меньшее количество вспенивателя, который позволяет обеспечить те же или довольно схожие параметры эффективности, например, высоту пены, скорость выхода или селективность по отношению к нежелательному компоненту. Во втором аспекте желательно обеспечить наличие вспенивателя, который обеспечивает флотацию данным способом, позволяя повысить степень извлечения желательного ценного компонента или демонстрирует улучшенную селективность по отношению к нежелательному компоненту. Указанные технические эффекты могут быть обусловлены или сохраняться благодаря меньшему размеру газовых пузырьков, что обеспечивает большую площадь поверхности пузырьков при заданном объеме пены, уменьшению коалесценции образовавшихся пузырьков газа и, соответственно, увеличению продолжительности существования образовавшихся пузырьков газа или более низкому содержанию воды в пене.

В настоящее время найден способ флотации руды, который включает следующие этапы:

- (A) получение водной суспензии, содержащей (i) руду, которая находится в виде частиц, (ii) воду,
- (iii) первый вспениватель во флотационной камере с получением предусмотренной способом вод-

ной суспензии,

(В) подачу воздуха в полученную водную суспензию с получением пены, отличающийся тем, что первый вспениватель представляет собой поли(тетрагидрофуран).

Высота образующейся пены является показателем ее стабильности. Стабильная пена поднимается выше благодаря повышенной устойчивости пузырьков (уменьшение коалесценции пузырьков). Более стабильный пузырек соответственно обладает большей прочностью, что, в свою очередь, обеспечивает большую вероятность удержания крупной частицы (устойчивость пузырька к деформации).

Руда в виде кусков, например, после добычи, преобразуется в частицы путем измельчения и/или дробления. Мельница для измельчения твердых пород представляет собой, например, планетарную шаровую мельницу, в частности, в лабораторных условиях. Руда, которая уже имеет форму слабо агрегированных частиц, преобразуется в частицы путем мягкого дробления. Руда, которая представлена в виде частиц, предпочтительно не обрабатывается органическим покрытием, крайне предпочтительно покрытием, до момента контакта с водой и первым вспенивателем. Поверхность руды, которая представлена в виде частиц, предпочтительно не вступает в реакцию с химреагентом до момента контакта с водой и первым вспенивателем. Поверхность руды, которая представлена в виде частиц, предпочтительно не подвергается воздействию химреагентом до момента контакта с водой и первым вспенивателем.

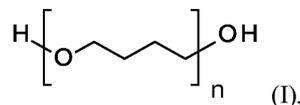
Размер частиц руды можно определить на основании стандарта ASTM E276-13 "Стандартный метод определения размера частиц или ситового анализа на сите № 4 (4,75 мм) и мельче для металлосодержащих руд и родственных материалов".

Предпочтительно 80 мас.% частиц руды проходят через сито с размером ячеек 500 мкм, крайне предпочтительно с размером ячеек 400 мкм, в частности, с размером ячеек 300 мкм, крайне предпочтительно с размером ячеек 250 мкм и в частности, с размером ячеек 150 мкм.

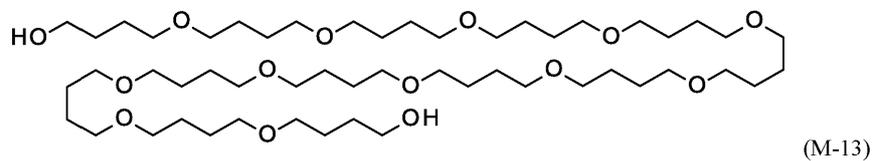
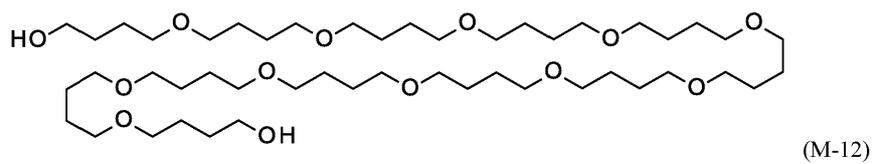
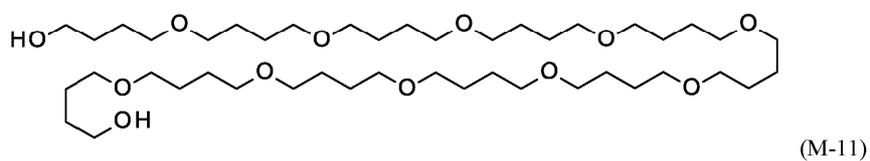
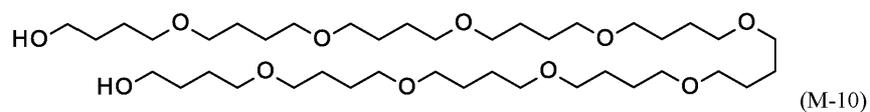
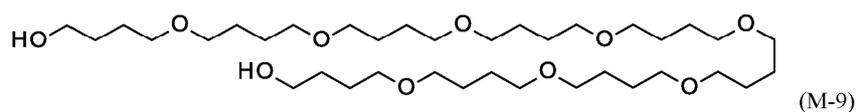
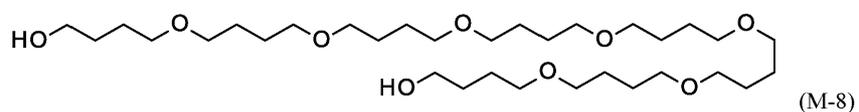
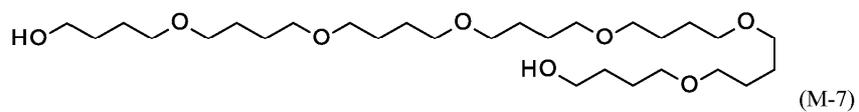
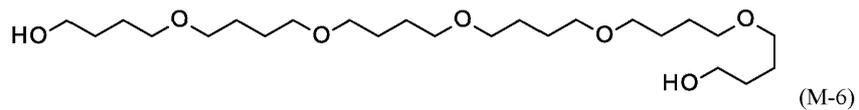
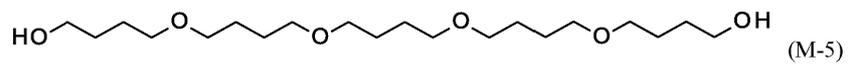
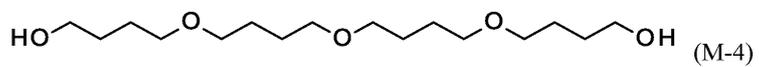
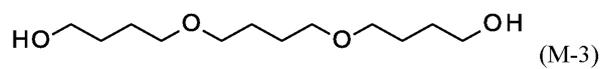
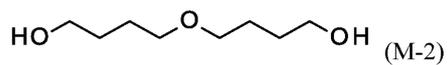
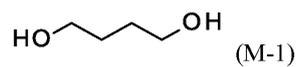
Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что по меньшей мере 80 мас.% частиц руды проходят через сито с размером ячеек 500 мкм.

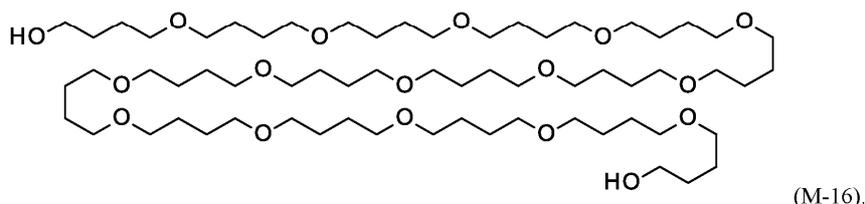
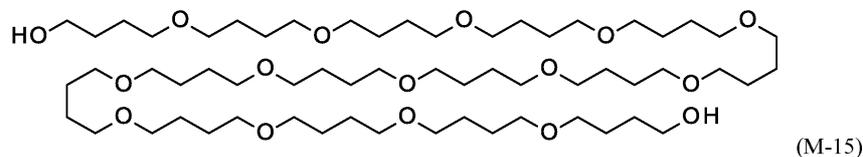
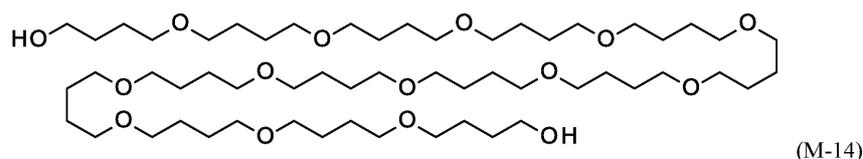
Шлам представляет собой водную суспензию твердых шламовых частиц, которые представляют собой сверхтонкие твердые частицы почвы, связанные с рудой. 99-100 мас.% твердых шламовых частиц проходят через сито 150 меш с размером меш, соответствующим шкале Тайлера, и имеют размер менее 105 мкм. Как правило, до 50 мас.% твердых шламовых частиц имеют размер частиц менее 10 мкм. Соответственно, твердые шламовые частицы имеют средний размер около 10 мкм. Образованию шлама в частности, способствуют плоские частицы. Согласно общему правилу, от 66 до 75 мас.% твердых шламовых частиц проходят через сито 325 меш и имеют средний размер менее 44 мкм. Твердые шламы могут быть удалены из водной суспензии, содержащей руду, которая находится в виде частиц (= обесшламливание). Обесшламливание, например, выполняется путем разделения с использованием циклона, гидро-сепаратора или другого традиционного оборудования. Водная суспензия, из которой удалены твердые шламовые частицы, является обесшламленной. Водная суспензия предпочтительно представляет собой обесшламленную водную суспензию. Водная суспензия, которая является обесшламленной, предпочтительно была обесшламлена до добавления первого вспенивателя, крайне предпочтительно перед добавлением первого вспенивателя и перед помещением во флотационную камеру. В частности, водную суспензию подвергают обесшламливанию перед этапом (В) подачи воздуха. В частности, водную суспензию подвергают обесшламливанию перед флотацией.

Поли(тетрагидрофуран) (CAS-№ 25190-06-1, сокращенное обозначение PTHF согласно DIN EN ISO 1043-1 2002-06), также именуемый политетраметиленгликолями (PTMO), поли(тетраметиленовым эфиром) гликолем (PTMEG) или поли(тетраметиленоксидом) (PTMO). Поли(тетрагидрофуран) может быть представлен соединением формулы I



где n представляет собой целое число, и n равно одному или более, например, n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 или 16. Поли(тетрагидрофуран) предпочтительно представляет собой смесь двух или более различных соединений формулы I. Соединение формулы I представляет собой, например, одну из приведенных ниже формул M-1 (n = 1), M-2 (n = 2), M-3 (n = 3), M-4 (n = 4), M-5 (n = 5), M-6 (n = 6), M-7 (n = 7), M-8 (n = 8), M-9 (n = 9), M-10 (n = 10), M-11 (n = 11), M-12 (n = 12), M-13 (n = 13), M-14 (n = 14), M-15 (n = 15) или M-16 (n = 16).





Соединения формулы I представляют собой альфа-омега-дигидроксисоединения. Альфа-омега-дигидроксисоединение формулы M-1 имеет молекулярную массу 90,1 г/моль, соединение формулы M-2 имеет массу 162,2 г/моль, соединение формулы M-3 имеет массу 234,3 г/моль, соединение формулы M-4 - 306,4 г/моль, формулы M-5 - 378,5 г/моль, формулы M-6 - 450,6 г/моль, формулы M-7 - 522,8 г/моль, формула M-8 имеет 594,9 г/моль, соединение формулы M-9 имеет массу 667,0 г/моль, соединение формулы M-10 имеет массу 739,1 г/моль, соединение формулы M-11 имеет массу 811,2 г/моль, формулы M-12 - 883,3 г/моль, формулы M-13 - 955,4 г/моль, формулы M-14 - 1027,5 г/моль, формулы M-15 - 1099,6 г/моль, а соединение формулы M-16 имеет массу 1171,7 г/моль.

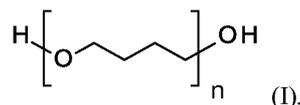
Среднечисловая молекулярная масса  $M_n$  поли(тетрагидрофурана) может быть рассчитана по гидроксильному числу. Гидроксильное число можно определить титрованием, например, методом уксусного ангидрида или фталевого ангидрида, или спектроскопическими методами, например, калиброванным ИК-сканером или определением концевых групп методом ЯМР. В работе "Определение среднечисловой молекулярной массы и функциональности поли(тетраметилэтиленгликоля) с помощью мультидетекторной ЭХ", С.А. Харрисон и др., журнал *Journal of Applied Polymer Science*, 1995 г., 56, 211-220, эксклюзионная хроматография (ЭХ) поли(тетрагидрофурана) выполняется с использованием различных детекторов, в том числе с поли(тетрагидрофураном) со среднечисловой молекулярной массой  $M_n = 250$ . Предпочтительно поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 200 - 1200, более предпочтительно 200 - 1000, в частности, 210 - 700, еще более предпочтительно 210 - 500, в частности, 220 - 350 и крайне особенно 230 - 290.

Стандартом ISO 14900:2017 "Пластики - полиолы, используемые в производстве полиуретана - определение гидроксильного числа", предусмотрены два способа измерения гидроксильного числа полиолов. В случае с полиолами, используемыми в качестве сырья для полиуретанов, для правильного составления рецептур полиуретановых систем необходимо знать содержание гидроксила в полиолах. Способ А по стандарту с ISO 14900: 2017 предназначен для стерически затрудненных полиолов, в то время, как способ В по стандарту ISO 14900 предназначен, помимо прочего, для полиолов на основе простых полиэфиров и, соответственно, также для поли(тетрагидрофурана).

Среднемассовую молекулярную массу  $M_w$  поли(тетрагидрофурана) определяют с помощью гелепроникающей хроматографии (ГПХ). Газовая хроматография (ГХ) подходит для  $M_w$  типов поли(тетрагидрофурана) с более низкой молекулярной массой. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) без дериватизации или с дериватизацией, например, с фенилизотиоцианатом, подходит для  $M_w$ , в частности, для типов поли(тетрагидрофурана) с более низкой молекулярной массой. В работе "Высокоэффективная жидкостная хроматография поли(тетраметилэтиленгликолей)", G.D.Andrews et al., *Macromolecules* 1982, 15, 1580-1583, ГПХ, ГХ и ВЭЖХ после дериватизации фенилизотиоцианатом приведены для различных поли(тетрагидрофуранов), включая поли(тетрагидрофуран) со среднечисловой молекулярной массой  $M_n = 300$ . В работе "Разделение полибутиленгликолей на неподвижных фазах  $C_{18}$  и  $C_4$ ", K. Rissler et al., *Journal of Liquid chromatography*, 1994, 17(13), 2791-2808, описана ВЭЖХ различных немодифицированных поли(тетрагидрофуранов), включая поли(тетрагидрофуран) со среднечисловой молекулярной массой  $M_n = 650$ .

Полидисперсность поли(тетрагидрофурана) рассчитывают по  $M_w / M_n$  поли(тетрагидрофурана).

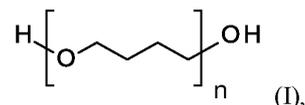
Содержание отдельного соединения в поли(тетрагидрофуране), которое включает в себя два или более различных альфа-омега-дигидроксисоединений, может быть указано на основании массы отдельного соединения по отношению к общей массе всех соединений поли(тетрагидрофурана). Для этой цели все соединения поли(тетрагидрофурана) являются соединениями формулы I



где  $n$  представляет собой целое число, и  $n$  равно одному или более, в частности, от 1 до 16.

Соответственно, существует основное соединение по массе, т.е. соединение, которое из всех соединений поли(тетрагидрофурана) имеет наибольшее массовое содержание. Кроме того, существует второе по массе соединение, то есть соединение, которое из всех соединений поли(тетрагидрофурана) имеет второе наибольшее массовое содержание, и, аналогично, третье соединение по массе.

Содержание отдельного соединения в поли(тетрагидрофуране) также может быть указано на основе числа молекул отдельного соединения по отношению к общему числу молекул всех соединений поли(тетрагидрофурана). Для этой цели все соединения поли(тетрагидрофурана) являются соединениями формулы I



где  $n$  представляет собой целое число, и  $n$  равно одному или более, в частности, от 1 до 16.

Соответственно, существует основное соединение по молярности, т.е. соединение, которое из всех соединений поли(тетрагидрофурана) имеет наибольшее число молекул. Кроме того, существует второе по молярности соединение, то есть соединение, которое имеет второе по величине число молекул из всех соединений поли(тетрагидрофурана), и, аналогично, третье соединение по молярности.

Предпочтительно основным соединением по массе поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4. Еще более предпочтительно, чтобы основное соединение по массе и второе соединение по массе выбирали из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4. В частности, основное по массе соединение, второе по массе соединение и третье по массе соединение поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4.

Предпочтительно основным соединением по массе поли(тетрагидрофурана) является соединение формулы М-3. Весьма предпочтительно, чтобы основное соединение по массе представляло собой соединение формулы М-3, а второе соединение по массе, выбирали из группы, состоящей из формул М-2 и М-4. Еще более предпочтительно, чтобы основное соединение по массе представляло собой соединение формулы М-3, а второе и третье соединения по массе выбирали из группы, состоящей из формул М-2 и М-4.

Предпочтительно основным соединением в молярности поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4. Еще более предпочтительно, чтобы основное соединение по молярности и второе соединение по молярности выбирались из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4. В частности, основное по молярности соединение, второе по молярности соединение и третье по молярности соединение поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4.

Предпочтительно основным соединением по молярности поли(тетрагидрофурана) является соединение формулы М-3. Весьма предпочтительно, чтобы основное соединение по молярности представляло собой соединение формулы М-3, а второе соединение по молярности, выбирали из группы, состоящей из формул М-2 и М-4. Предпочтительно, чтобы основное соединение по молярности представляло собой соединение формулы М-3, а второе и третье соединения по молярности выбирали из группы, состоящей из формул М-2 и М-4.

Предпочтительно основным соединением в массе поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4, а основное соединение в молярности поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4.

Предпочтительно основным соединением по массе поли(тетрагидрофурана) является соединение формулы М-3, а основным соединением по молярности поли(тетрагидрофурана) является соединение формулы М-3.

Поли(тетрагидрофуран) предпочтительно имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 220 - 350, а основное соединение по массе поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4.

Поли(тетрагидрофуран) предпочтительно имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 220 - 350, а основное соединение по молярности поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4.

Предпочтительно поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 220 - 350, а основное соединение в массе поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4, а основное соединение в молярности поли(тетрагидрофурана) выбирают из группы, состоящей из соединений формул М-2, М-3 и М-4.

Предпочтительно поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапа-

зоне 220 - 350, а основным соединением по массе поли(тетрагидрофурана) является соединение формулы М-3 и основным соединением по массе поли(тетрагидрофуран) является соединение формулы М-3.

Предпочтительным является способ, при котором поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 200 - 1000.

Предпочтительным является способ, при котором поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 210 - 700.

Предпочтительным является способ, при котором поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 220 - 350.

Поли(тетрагидрофуран) можно получить за счет полимеризации тетрагидрофурана (ТГФ) с ионами оксония в качестве катализатора, как указано в фундаментальной работе Н. Meegwein et al., *Angew. Chem.*, 72, 1960, 927. Полимеризацию тетрагидрофурана предпочтительно выполняют с использованием пентахлорида сурьмы в качестве катализатора и карбоновой кислоты, в состав которой входят, по меньшей мере, два атома углерода, или ангидрида карбоновой кислоты монокарбоновой кислоты, или дикарбоновой кислоты, содержащей два-четыре атома углерода, при температуре полимеризации 0°C - 70 °C, как описано в заявке US 4259531. Другим методом полимеризации тетрагидрофурана предусмотрена полимеризация тетрагидрофурана на гетерогенном катализаторе в присутствии одного из телогенов воды, 1,4-бутандиола или поли(тетрагидрофурана) с молекулярной массой 200 - 700 дальтон или  $C_1$ - $C_{10}$ -монокарбоновой кислоты или смеси указанных телогенов, как описано в заявке US 5773648. Используемый катализатор представляет собой нанесенный катализатор, который содержит каталитически активное количество кислородсодержащего соединения вольфрама или молибдена или смесей указанных соединений на оксидном носителе, и который прокалывают при температуре от 500 до 1000°C.

Поли(тетрагидрофуран) предпочтительно содержит антиоксидант в количестве менее 0,1 мас.% из расчета на общую массу поли(тетрагидрофурана), весьма предпочтительно в диапазоне 0,01 - 0,09 мас.%, в частности, в диапазоне 0,02 - 0,08 мас.%, в частности, 0,03 - 0,07 мас.% и крайне предпочтительно в диапазоне 0,04 - 0,05 мас.%. Соответственно, масса антиоксиданта составляет часть массы компонента (iii). Антиоксидант предпочтительно представляет собой фенольный антиоксидант, весьма предпочтительно фенольный антиоксидант со стерическими затруднениями, где стерические затруднения означают, по меньшей мере, одну  $C_4$ - $C_8$ -алкильную группу в орто-положении к фенольной гидроксильной группе или две  $C_1$ - $C_3$ -алкильные группы в двух орто-положениях к фенольной гидроксильной группе, в частности молекула, содержащая 2,6-ди-трет-бутилфенольный фрагмент в качестве структурного элемента, и еще более предпочтительно 2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол.

Предпочтительно в состав руды входит первый минерал. Первый минерал состоит из неорганической соли, которая имеет анионную и катионную части. Классификация первого минерала может выполняться на основе одного содержащегося химического элемента, часто металла, образующего, по крайней мере, часть катионной части неорганической соли, или на основе содержащейся совокупности более чем одного химического элемента, часто совокупности неметаллов, образующих, по крайней мере, часть анионной части неорганической соли. Соответственно, конкретный первый минерал может быть одновременно отнесен к двум или более конкретным классам из списка классов минералов. В рамках указанного списка конкретный минерал представляет собой комбинированный минерал. Например, халькопирит ( $CuFeS_2$ ) является одновременно минералом меди, железа и сульфидным минералом. Именно в этом смысле он представляет собой комбинированный минерал, т.е. медно-железо-сульфидный минерал. Первый минерал, например, представляет собой сульфидный минерал (халькопирит:  $CuFeS_2$ ; галенит:  $PbS$ ; сфалерит:  $ZnS$ ; киноварит:  $HgS$ ), фосфатный минерал (апатит:  $Ca_5[(P,OH,Cl)/(PO_4)_3]$ , силикатный минерал (непуит:  $(Ni,Mg)_6[(OH)_8Si_4O_{10}]$ ; берилл:  $Be_3Al_2(SiO_3)_6$ ; сподумен:  $LiAl(SiO_3)_2$ ), карбонатный минерал (магнезит:  $MgCO_3$ ), фторидный минерал, хлоридный минерал, оксидный минерал (хромит:  $(Fe,Mg)Cr_2O_4$ ; касситерит:  $SnO_2$ ), медный минерал (халкозин:  $Cu_2S$ ; борнит:  $Cu_5FeS_4$ ), минерал молибдена (молибденит:  $MoS_2$ ), минерал цинка (смитсонит:  $ZnCO_3$ ), минерал свинца (церуссит:  $PbCO_3$ ), минерал никеля (пентландит:  $(Fe,Ni)_9S_8$ ), минерал железа (магнетит:  $Fe_3O_4$ ; гематит:  $Fe_2O_3$ ; сидерит:  $Fe[CO_3]$ ; гетит:  $FeO(OH)$ ), марганцевый минерал (пирролюзит:  $MnO_2$ ; псиломелан:  $(Ba, H_2O)_4Mn_{10}O_{20}$ ), титановый минерал (рутил:  $TiO_2$ , ильменит:  $FeTiO_3$ ), минерал кобальта (скутерудит:  $(Co,Ni)As_3$ ; кобальтит:  $CoAsS$ ; колтан:  $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$ ), минерал вольфрама (вольфрамит:  $(Fe,Mn)WO_4$ , шеелит:  $CaWO_4$ ), минерал ванадия (ванадинит:  $Pb_5(VO_4)_3Cl$ ; карнотит:  $K_2(UO_2)(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$ ), минерал олова (станнит:  $Cu_2FeSnS_4$ ), минерал алюминия (боксит:  $Al(OH)_3$ , гиббсит:  $Al(OH)_3$ , бемит:  $\gamma-AlO(OH)$ , диаспор:  $AlO(OH)$ ), минерал лития (амблигонит:  $LiAl[PO_4]F$ , лепидолит:  $K(Li,Al)_3[(Al,Si)_4O_{10}](F,OH)_2$ ), минерал скандия, минерал иттрия, минерал лантана, минерал церия (бастнезит:  $(Ce,La,Y)(CO_3)F$  или  $(Ce,La,Y)(CO_3)(OH,F)$ ), минерал празеодима, минерал неодима (монацит:  $(La,Ce,Nd,Sm)[PO_4]$ ), минерал самария, минерал европия, минерал гадолиния, минерал тербия, минерал диспрозия, минерал гольмия, минерал эрбия, минерал тулия, минерал иттербия, минерал лютеция, минерал рутения, минерал родия, палладий минерал, минерал серебра (аргентит:  $Ag_2S$ ), минерал осмия, минерал иридия, минерал платины (сперилит:  $PtAs_2$ ) или минерал золота (калаверит:  $AuTe_2$ ).

Первый минерал предпочтительно представляет собой сульфидный минерал, фосфатный минерал, силикатный минерал, карбонатный минерал, фторидный минерал, хлоридный минерал, оксидный мине-

рал, минерал меди, минерал молибдена, минерал цинка, минерал свинца, минерал никеля, минерал железа, минерал марганца, минерал титана, минерал кобальта, минерал вольфрама, минерал ванадия, минерал олова, минерал алюминия, минерал лития, минерал скандия, минерал иттрия, минерал лантана, минерал церия, минерал празеодима, минерал неодима, минерал самария, минерал европия, минерал гадолиния, минерал тербия, минерал диспрозия, минерал гольмия, минерал эрбия, минерал тулия, минерал иттербия, минерал лютеция, минерал рутения, минерал родия, минерал палладия, минерал серебра, минерал осмия, минерал иридия, минерал платины, минерал золота или комбинированный минерал, химический состав которого позволяет отнести комбинированный минерал одновременно к двум или более указанным выше минералам. Наиболее предпочтительно первый минерал представляет собой сульфидный минерал, фосфатный минерал, силикатный минерал, карбонатный минерал, фторидный минерал, хлоридный минерал, минерал меди, минерал молибдена, минерал цинка, минерал свинца, минерал никеля, минерал железа, минерал скандия, минерал иттрия, минерал лантана, минерал церия, минерал празеодима, минерал неодима, минерал самария, минерал европия, минерал гадолиния, минерал тербия, минерал диспрозия, минерал гольмия, минерал эрбия, минерал тулия, минерал иттербия, минерал лютеция, минерал рутения, минерал родия, минерал палладия, минерал осмия, минерал иридия, минерал платины, минерал золота или комбинированный минерал, химический состав которого позволяет отнести комбинированный минерал одновременно к двум или более указанным выше минералам. В частности, первый минерал представляет собой сульфидный минерал, фосфатный минерал, силикатный минерал, карбонатный минерал, фторидный минерал, минерал меди, минерал молибдена, минерал цинка, минерал свинца, минерал никеля, минерал железа, минерал золота или комбинированный минерал, химический состав которого позволяет отнести комбинированный минерал одновременно к двум или более указанным выше минералам. В частности, первый минерал представляет собой сульфидный минерал, минерал меди, минерал золота или комбинированный минерал, химический состав которого позволяет отнести комбинированный минерал одновременно к двум или более указанным выше минералам.

Предпочтительным является способ, который отличается тем, что руда содержит первый минерал, который представляет собой сульфидный минерал, фосфатный минерал, силикатный минерал, карбонатный минерал, фторидный минерал, хлоридный минерал, оксидный минерал, минерал меди, минерал молибдена, минерал цинка, минерал свинца, минерал никеля, минерал железа, минерал марганца, минерал титана, минерал кобальта, минерал вольфрама, минерал ванадия, минерал олова, минерал алюминия, минерал лития, минерал скандия, минерал иттрия, минерал лантана, минерал церия, минерал празеодима, минерал неодима, минерал самария, минерал европия, минерал гадолиния, минерал тербия, минерал диспрозия, минерал гольмия, минерал эрбия, минерал тулия, минерал иттербия, минерал лютеция, минерал рутения, минерал родия, минерал палладия, минерал серебра, минерал осмия, минерал иридия, минерал платины, минерал золота или комбинированный минерал, который имеет химический состав, который позволяет отнести комбинированный минерал одновременно к двум или более указанным выше минералам.

Массовое соотношение компонента (i), т.е. руды, которая представлена в виде частиц, и компонента (iii), т.е. первого вспенивателя, определяют на основе сухой массы компонента (i). Обычно требуется лишь небольшое количество компонента (iii). Например, количество компонента (iii) в водной суспензии находится в диапазоне 0,0001-0,1 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i). Данный показатель эквивалентен дозировке компонента (iii) в диапазоне 0,1-1000 г/т сухой руды. Количество компонента (iii) в водной суспензии предпочтительно находится в диапазоне 0,0001-0,05 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i). Данный показатель эквивалентен дозировке компонента (iii) в диапазоне 1-500 г/т сухой руды. Особенно предпочтительно количество компонента (iii) в водной суспензии находится в диапазоне 0,0005-0,025 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i) (5-250 г/т сухой руды), в частности в диапазоне 0,0007-0,01 массовых частей (7-100 г/т сухой руды), еще более предпочтительно в диапазоне 0,0008-0,007 массовых частей (8-70 г/т сухой руды), в частности, в диапазоне 0,0009-0,0045 массовых частей (9-45 г/т сухой руды) и еще более особенно в диапазоне 0,001-0,0035 массовых частей (10-35 г/т сухой руды).

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что количество компонента (iii) в водной суспензии находится в диапазоне 0,0001-0,1 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что количество компонента (iii) в водной суспензии находится в диапазоне 0,001-0,05 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

Массовое соотношение компонента (i), т.е. руды, которая представлена в виде частиц, и компонента (ii), т.е. воды, определяют на основе сухой массы компонента (i). В силу экономических причин целесообразно использовать высококонцентрированные водные суспензии, т.е. пульпу. Предпочтительно количество компонента (ii) в водной суспензии находится в диапазоне 70-1100 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i). Это эквивалентно содержанию твердых веществ в сухой руде в диапазоне 58,8-8,3 мас.%, если для целей расчета пренебречь массой любого другого компонента водной суспензии, отличного от компонента (i) и компонента (ii) т.е. ее обнулить. Крайне предпочтительно, что-

бы количество компонента (ii) в водной суспензии было в диапазоне 100-900 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i) (содержание твердых веществ 50-10 мас.%), в частности, в диапазоне 110-800 массовых частей компонента (ii) (содержание твердых веществ 47,6-11,1 мас.%), в частности, в диапазоне 120-600 массовых частей компонента (ii) (содержание твердых веществ 45,5-14,3 мас.%), в частности, в диапазоне 130-420 массовых частей компонента (ii) (содержание твердых веществ 43,5-19,2 мас.%) и еще более предпочтительно в диапазоне 150-400 массовых частей компонента (ii) (содержание твердых веществ 40-20 мас.%).

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что количество компонента (ii) в водной суспензии находится в диапазоне 70-1100 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

Предпочтительно количество компонента (iii) в водной суспензии находится в диапазоне 0,0001-0,1 массовой доли из расчета на 100 массовых частей компонента (i), а количество компонента (ii) в водной суспензии находится в диапазоне 70-1100 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

Флотационная камера представляет собой контейнер с отверстием вверху и приспособлением для подачи воздуха, которое в конечном счете позволяет подаваемому воздуху проходить с внутренней нижней стороны контейнера к отверстию. Отверстие предназначено для удаления пены с поверхности. В некоторых случаях флотационная камера включает в себя мешалку, например, лопастное колесо, которое позволяет перемешивать жидкое содержимое контейнера. В некоторых случаях устройство для подачи воздуха может быть встроено в лопастное колесо. Предпочтительно, чтобы устройство для подачи воздуха в процессе его подачи генерировало небольшие пузырьки, например, за счет множества небольших ячеек на выходе устройства. Например, отверстие на выходе может представлять собой фильтр-сепаратор. Предпочтительно устройство для подачи воздуха оборудуется ротаметром. В некоторых случаях флотационная камера оборудуется автоматизированной системой удаления полученной пены.

На этапе (B) полученную водную суспензию в процессе подачи воздуха предпочтительно перемешивают. Полученную водную суспензию в процессе подачи воздуха предпочтительно выдерживают при атмосферном давлении. Атмосферное давление означает давление атмосферы вокруг флотационной камеры, т.е. барометрическое давление, которое обеспечивается, по крайней мере, за счет отверстия в контейнере, за счет которого в нем устанавливается давление окружающей среды. Соответственно, свободное пространство во флотационной камере, т.е. пространство над верхней поверхностью водной суспензии, соответственно, над верхней поверхностью пены поверх водной суспензии, имеет давление атмосферы вокруг флотационной камеры. Полученная водная суспензия предпочтительно имеет температуру в диапазоне 0°C-50°C, более предпочтительно 2-40°C, еще более предпочтительно 4-37°C, в частности, 8-34°C, крайне особенно 10-30°C, в частности, 12-26°C и наиболее особенно при комнатной температуре (около 20°C).

Предпочтительным является способ, в котором на этапе (B) полученную водную суспензию перемешивают в процессе подачи воздуха.

Предпочтительным является способ, в котором на этапе (B) полученную водную суспензию выдерживают при атмосферном давлении в процессе подачи воздуха.

Предпочтительным является способ, в котором на этапе (B) полученная водная суспензия имеет температуру в диапазоне 0-50°C в процессе подачи воздуха.

Настоящий способ отличается от способа производства пенополиуретановой пены, например, за счет реакции полиизоцианата и полиола простого полиэфира или полиола сложного полиэфира. Предпочтительно полученная водная суспензия содержит менее 10 массовых частей изоцианата, который включает в себя моноизоцианат, диизоцианат и другие полиизоцианаты, в расчете из расчета на 100 массовых частей компонента (iii). Еще более предпочтительно, чтобы полученная водная суспензия содержала менее 5 массовых частей изоцианата из расчета на 100 массовых частей компонента (iii), в частности, менее 1 массовой части изоцианата и, в частности, не содержала изоцианата. Способ флотации предпочтительно включает в себя менее 100 массовых частей полиуретана из расчета на 100 массовых частей компонента (iii), еще более предпочтительно менее 10 массовых частей полиуретана и, в частности, способ не предусматривает использования полиуретана. Полученная пена предпочтительно не содержит полиуретан. Способ флотации предпочтительно включает в себя менее 100 массовых частей полиуретана, полиэстера, полиамида или их смеси из расчета на 100 массовых частей компонента (iii), еще более предпочтительно менее 10 массовых частей. Полученная пена предпочтительно не содержит полиуретан, полиэстер, полиамид или их смесь.

Предпочтительным является способ, при котором

(A) полученная водная суспензия содержит менее 10 массовых частей изоцианата из расчета на 100 массовых частей компонента (iii).

Водная бумажная целлюлоза включает в себя волокна целлюлозы и воду. Используемые целлюлозные волокна представляют собой целлюлозные волокна, которые получают из водной ресуспензии уже полученной бумаги. Волокна первичной целлюлозы получают из измельченных растений. Бумажная целлюлоза, которую получают путем использования ресуспендированной бумаги в качестве источника

целлюлозного волокна, представляет собой целлюлозу из макулатуры.

Целлюлоза из макулатуры состоит из использованных целлюлозных волокон. Частицы чернил здесь определяются как частицы, которые имеют рецептуру чернил и впоследствии были нанесены на бумагу. Частицы чернил предпочтительно представляют собой органические пигменты. В дополнение к волокнам целлюлозы, которые получены из ресуспендированной бумаги и воды, водная масса из макулатуры может также содержать частицы чернил. Водная суспензия предпочтительно содержит менее 10 массовых частей волокон целлюлозы из расчета на 100 массовых частей сухой руды, более предпочтительно менее 8 частей, в частности, менее 5 частей, в частности, менее 2 частей и крайне особенно не содержит волокон целлюлозы. Водная суспензия предпочтительно содержит менее 3 массовых частей частиц чернил из расчета на 100 массовых частей сухой руды, еще более предпочтительно менее 1 массовой части частиц чернил, в частности, менее 0,1 массовой части частиц чернил и, в частности, не содержит частиц чернил. Предпочтительно способ флотации руды не предусматривает использования волокон целлюлозы, которые получают из ресуспендированной бумаги, весьма предпочтительно не предусматривает использования волокон целлюлозы. Предпочтительно способ флотации руды не предусматривает наличия частиц чернил.

Предпочтительным является способ, при котором

(A) полученная водная суспензия содержит менее 10 массовых частей волокон целлюлозы из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

Зачастую под первым минералом в руде также содержится второй минерал, который отличается от первого минерала. Как правило, руда содержит нужный минерал (= ценный) и ненужный минерал (= пустая порода). Нежелательный минерал может состоять преимущественно из одного минерала или включать в себя ряд различных ненужных минералов. Аналогичным образом, нужный минерал может состоять преимущественно из одного минерала или включать в себя ряд различных нужных минералов. Чаще всего нужный минерал состоит преимущественно из одного минерала. Флотация - это способ, который часто используют для увеличения относительного содержания нужного минерала в концентрате путем отделения от ненужных компонентов руды. Соответственно, руда обогащается. Произвольно, первый минерал может считаться ценным минералом, а второй минерал может считаться ненужным минералом. При удалении полученной пены, соответственно путем отделения от флотационной камеры, например, путем снятия с поверхности полученной водной суспензии в процессе подачи воздуха или его подачи через непродолжительное время, т.е. до значительного разрушения полученной пены, после чего удаленная и соответственно сепарированная пена представляет собой пенный концентрат. Без постоянной подачи воздуха пена в пенном концентрате последовательно разрушается. Когда полученную пену удаляют из флотационной камеры, оставшиеся компоненты полученной водной суспензии образуют флотационный концентрат. Флотационный концентрат остается во флотационной камере или удаляется из флотационной камеры, предпочтительно в месте, отличном от места удаления пены. Например, флотационный концентрат может удаляться со дна флотационной камеры. При непрерывном осуществлении способа возможно использование соответствующей конструкции, которая обеспечивает подрешетное удаление флотационного концентрата из флотационной камеры. Подача воздуха может продолжаться до тех пор, пока не прекратится пенообразование. Это может длиться, например, одну минуту или 15-20 минут. Предпочтительно способ дополнительно в качестве этапа (C) предусматривает удаление пены из флотационной камеры с получением пенного концентрата и флотационного концентрата. Возможно, что массовое соотношение между первым минералом и вторым минералом в полученном пенном концентрате выше, чем массовое соотношение между первым минералом и вторым минералом в полученном флотационном концентрате. Если первый минерал представляет собой желательный минералом, то это называется прямой флотацией. Также возможно, что массовое соотношение между первым минералом и вторым минералом в полученном пенном концентрате ниже, чем массовое соотношение между первым минералом и вторым минералом в полученном флотационном концентрате. Если первый минерал представляет собой желательный минералом, то это называется непрямой или обратной флотацией. В обоих случаях происходит обогащение. При обогащении целью является высокий процент извлечения желательного первого минерала с высокой селективностью.

Полученная пена предпочтительно не является стабильной, т.е. после прекращения подачи воздуха или после отделения полученной пены она начинает разрушаться. Например, через 15 мин после прекращения подачи воздуха или через 15 мин после отделения полученной пены объем пены уменьшается менее чем наполовину от объема пены, который имелся на момент прекращения подачи воздуха или отделения полученной пены. Наиболее предпочтительно это происходит через 10 мин после прекращения подачи воздуха или через 10 мин после отделения полученной пены, в частности, через 7 мин, наиболее предпочтительно через 5 мин, в частности, через 3 мин и особенно предпочтительно через 2 мин.

Предпочтительным является способ, который отличается тем, что руда содержит первый минерал и второй минерал, отличный от первого минерала.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что дополнительно включает этап (C) удаления пены из флотационной камеры с получением пенного концентрата и флотационного концентрата.

Предпочтительным является способ, отличающийся тем, что на этапе (C) массовое соотношение

между первым минералом и вторым минералом в полученном пенном концентрате выше, чем массовое соотношение между первым минералом и вторым минералом в полученном флотационном концентрате.

Для повышения эффективности обогащения содержащегося в руде целевого минерала, дополнительным компонентом первой флотации, отличным от поли(тетрагидрофурана), является дополнительный компонент водной суспензии (iv). К поверхности частиц руды прикрепляется уловитель, который предпочтительно представляет собой поверхностно-активную молекулу. В идеале уловитель прикрепляется к поверхностям с разным сродством по отношению к поверхности первого минерала и поверхности второго минерала. Это приводит к различной гидрофобности минералов и, соответственно, различному сродству к пузырькам воздуха. Для целей дифференциации различных возможных вспомогательных веществ флотации настоящей заявкой определено, что поверхностно-активная молекула обладает гидрофильным структурным элементом и липофильным структурным элементом, чисто гидрофильная молекула имеет только гидрофильный структурный элемент, а чисто липофильная молекула имеет только липофильный структурный элемент. Уловитель можно дополнительно разделить на ионный уловитель, который представляет собой поверхностно-активную ионную молекулу, и неионогенный уловитель, который представляет собой неионогенную поверхностно-активную молекулу. Ионный уловитель представляет собой анионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество или катионное поверхностно-активное вещество. Подавитель представляет собой чисто гидрофильную молекулу и прикрепляется к поверхности частиц руды, а в идеале демонстрирует разную степень сродства по отношению к поверхности первого минерала и поверхности второго минерала. Второй вспениватель представляет собой неионогенное поверхностно-активное соединение и поддерживает образование пены с помощью первого вспенивателя. Масло-наполнитель представляет собой углеводород, который представляет собой чисто липофильную молекулу и в идеале позволяет уменьшить необходимое количество уловителя. Регулятор pH представляет собой кислоту или основание, которые предпочтительно являются чисто гидрофильными и помогают поддерживать оптимальное значение pH водной суспензии, поскольку поверхностные заряды часто зависят от уровня pH. В зависимости от технических требований можно использовать одно или несколько вспомогательных флотационных агентов, которые отличаются от поли(тетрагидрофурана). При наличии нескольких вспомогательных флотационных агентов, нумерация продолжается, то есть первый вспомогательный флотационный агент, который является компонентом (iv), и второй вспомогательный флотационный агент, который является компонентом (v). По аналогии, третьим вспомогательным флотационным агентом является компонент (vi). Первым вспомогательным флотационным агентом является, например, уловитель, неионогенное поверхностно-активное соединение, которое представляет собой неионогенный уловитель или второй вспениватель, подавитель, масло-наполнитель или регулятор pH. Первым вспомогательным флотационным агентом предпочтительно является поверхностно-активный уловитель, неионогенное поверхностно-активное соединение, которое представляет собой неионогенный уловитель или второй вспениватель, подавитель, масло-наполнитель или регулятор pH. Еще более предпочтительно первым вспомогательным флотационным агентом является ионный уловитель, неионогенное поверхностно-активное соединение, которое представляет собой неионогенный уловитель или второй вспениватель, подавитель, масло-наполнитель или регулятор pH.

Ионный уловитель, который представляет собой анионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество или катионное поверхностно-активное вещество, выбирают в зависимости от целевого минерала. В случае с сульфидным минералом первым уловителем является, например, анионное поверхностно-активное вещество, которое представляет собой ксантогенат (например,  $S=C(OR)-S^- K^+(Na^+)$ , где R представляет собой алифатическую углеводородную цепь, как правило, состоящую из 2-5 атомов углерода), дитиофосфат (например,  $S=P(OR)_2-S^- K^+(Na^+)$ , где R представляет собой алифатическую углеводородную цепь, обычно из 2-5 атомов углерода), дитиокарбамат (например,  $S=C(NR^1R^2)-S^- K^+(Na^+)$ , где  $R^1$  и  $R^2$  представляют собой алифатическую углеводородную цепь), диксантоген (например,  $S=C(OR)-S-S-C(=S)OR$ , где R представляет собой алифатическую углеводородную цепь, обычно 2-5 атомов углерода), алкил тиокарбамат (например,  $R^1-NH-C(=S)(OR^2)$ , где  $R^1$  и  $R^2$  представляют собой алифатическую углеводородную цепь). В случае с сульфидным минералом первым уловителем является, например, катионное поверхностно-активное вещество, которое представляет собой аминоктилтиоэфир (например,  $R-S-CH_2-CH_2-NH_2$ , где R представляет собой алифатическую углеводородную цепь) (для справки: С.Р. Рао, глава 10.1 "Уловители для сульфидных минералов", с. 479 и след.), работа Surface Chemistry of Froth Flotation, Springer Media, 2004 г.). В случае с фосфатным минералом первым уловителем является, например, анионное поверхностно-активное вещество, которое представляет собой жирную кислоту, алкилсульфонат (например, алкилсульфосукцинат), алкилсульфат, алкилсаркозинат или алкилмоно- или диэфир фосфорную кислоту. В случае с фосфатным минералом первым уловителем является, например, амфотерное поверхностно-активное вещество, которое представляет собой N-(алкил)-глицин или N-(3-алкилокси-2-гидрокси-пропил)глицин.

В случае с минералом оксида железа первым уловителем является, например, катионное поверхностно-активное вещество, которое представляет собой алкиламин, например, N-(алкоксипропил)амин или N'-(N-(алкоксипропил)амино)пропиламин, или N-(алкиламидо)алкилендиамин.

Неионогенный уловитель представляет собой, например, этоксилированную жирную кислоту, этоксилированный жирный амид или этоксилированный жирный спирт.

Вторым вспенивателем является, например, циклический терпеновый спирт, в частности альфа-терпинеол, который является основным компонентом соснового масла, метилизобутилкарбинол, нециклический спирт C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>, в частности 2-этилгексанол или гексанол, высококипящая фракция, получаемая в результате оксосинтеза 2-этилгексанола, сложного спиртового алифатического эфира, в частности, смеси, содержащей 2,2,4-триметил-1,3-пентандиолмоноизобутират, триэтоксипутан, этоксилированный и/или пропоксисилированный нециклический спирт C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>, полиэтиленгликоль или полипропиленгликоль. В случае со вторым вспенивателем первый вспениватель и второй вспениватель могут добавляться вместе с получением предусмотренной водной суспензии, то есть в виде смеси вспенивателей, включающей в себя первый вспениватель и второй вспениватель. Альтернативно, первый вспениватель и второй вспениватель могут добавляться по отдельности с получением предусмотренной водной суспензии.

Подавитель представляет собой, например, гидрофильный полисахарид, в частности крахмал или силикат натрия. Крахмал представляет собой, например, нативный крахмал или модифицированный крахмал. Нативный крахмал представляет собой, например, крахмал из кукурузы, пшеницы, овса, ячменя, риса, проса, картофеля, гороха, тапиоки или маниока. Нативный крахмал предпочтительно предварительно желатинизирован, то есть нагрет для желатинизации крахмала.

В качестве масла-наполнителя выступает, например, керосин.

В качестве регулятора pH используют, например, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> или HNO<sub>3</sub>.

Предпочтительным является способ, в котором на этапе

(A) водная суспензия дополнительно содержит

(iv) первый дополнительный флотационный агент, отличный от поли(тетрагидрофурана).

Предпочтительным является способ, в котором на этапе

(A) водная суспензия дополнительно содержит

(iv) первый дополнительный флотационный агент, отличный от поли(тетрагидрофурана), который представляет собой уловитель, второй вспениватель, подавитель, масло-наполнитель или регулятор pH.

Предпочтительным является способ, в котором на этапе

(A) водная суспензия дополнительно содержит

(iv) первый дополнительный флотационный агент, отличный от поли(тетрагидрофурана) и уловителя.

Предпочтительным является способ, в котором на этапе

(A) водная суспензия дополнительно содержит

(iv) первый дополнительный флотационный агент, отличный от поли(тетрагидрофурана) и представляющий собой ионный уловитель, представленный анионным поверхностно-активным веществом, амфотерным поверхностно-активным веществом или катионным поверхностно-активным веществом, неионогенное поверхностно-активное соединение, которое представляет собой неионогенный уловитель или второй вспениватель, подавитель, масло-наполнитель или регулятор pH.

Предпочтительным является способ, при котором первым дополнительным флотационным агентом является ионный уловитель, представляющий собой анионное ПАВ, амфотерное ПАВ или катионное ПАВ.

Предпочтительным является способ, при котором первый дополнительный флотационный агент отличается от поли(тетрагидрофурана) и представляет собой неионогенное поверхностно-активное соединение, которое является неионогенным уловителем или вторым вспенивателем.

Предпочтительным является способ, при котором первый дополнительный флотационный агент представляет собой второй вспениватель.

Предпочтительным является способ, при котором первый дополнительный флотационный агент представляет собой второй вспениватель, а вторым вспенивателем - циклический терпеновый спирт, метилизобутилкарбинол, нециклический спирт C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>, высококипящая фракция 2-этилгексанола, полученная путем оксосинтеза, сложный алифатический эфир спирта, триэтоксипутан, этоксилированный и/или пропоксисилированный нециклический спирт C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>, полиэтиленгликоль или полипропиленгликоль.

Предпочтительным является способ, который отличается тем, что на этапе (A) водная суспензия содержит

(iv) первый дополнительный флотационный агент, который представляет собой второй вспениватель, а также

(v) второй дополнительный флотационный агент, отличный от поли(тетрагидрофурана) и уловителя.

Предпочтительным является способ, который отличается тем, что на этапе (A) водная суспензия содержит

(iv) первый дополнительный флотационный агент, который представляет собой второй вспениватель, а также

(v) второй дополнительный флотационный агент, который отличается от поли(тетрагидрофурана) и

представляет собой уловитель.

Описанные выше предпочтения относительно способа флотации руды описаны для рассматриваемого способа. Эти предпочтения также применимы к дополнительным вариантам осуществления изобретения.

Еще одним вариантом осуществления изобретения является водная суспензия, содержащая

(i) руду, которая находится в виде частиц,

(ii) воду,

(iii) первый вспениватель,

отличающаяся тем, что первый вспениватель представляет собой поли(тетрагидрофуран),

количество компонента (iii) в водной суспензии предпочтительно находится в диапазоне 0,00001-0,1 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i), и

количество компонента (ii) в водной суспензии находится в диапазоне 100-1000 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

Количество компонента (iii) в водной суспензии предпочтительно находится в диапазоне 0,0001-0,05 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

Еще одним вариантом осуществления изобретения является применение первого вспенивателя в качестве компонента (iii) водной суспензии, которая дополнительно содержит (i) руду, которая находится в виде частиц и (ii) для получения пены во флотационной камере при подаче воздуха в водную суспензию, и для которого характерно, что первый вспениватель представляет собой поли(тетрагидрофуран).

Предпочтительно применение первого вспенивателя приводит к образованию пены с большой высотой пены.

Предпочтительно применение первого вспенивателя приводит к образованию пены при меньшей дозировке, чем в случае с 4-метил-2-пентанолом, весьма предпочтительно при меньшей дозировке, чем в случае с 4-метил-2-пентанолом, при той же высоте пены.

Описание фиг. 1 и 2 приведено ниже.

На фиг. 1 представлено изображение двухфазного теста по примеру E-1 с аэрированным водным раствором PolyTHF 250.

На фиг. 2 представлено изображение двухфазного теста по примеру E-1 с аэрированным водным раствором PolyTHF 650.

Настоящее изобретение поясняется следующими примерами, которые не носят ограничительного характера. Если не указано иное, процентные значения означают массовый процент.

A. Способы описания.

Среднечисловая масса поли(тетрагидрофурана) определяется гидроксильным числом, определенным химическим путем во влажном состоянии.

B. Агенты.

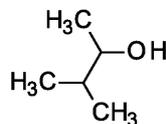
B.1. Уловитель/улавливающий агент.

Ксантогенат представляет собой изобутилксантогенат натрия (SIBX) [CAS № 25306-75-6] с молекулярной формулой  $C_5H_9NaOS_2$  и молекулярной массой 172,2.

SIBX доступен для приобретения, например, у компании Redox.

B. Вспениватели.

МИБК представляет собой метилизобутилкарбинол соотв. 4-метил-2-пентанол [CAS № 108-11-2] с молекулярной массой 88,1 г/моль, как показано ниже.



Он доступен для приобретения, например, у компании Sigma-Aldrich Ltd.

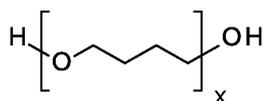
Бутилтригликоль представляет собой монобутиловый эфир триэтиленгликоля [CAS № 143-22-6] с молекулярной формулой  $C_{10}H_{22}O_4$  и молекулярной массой 206,28.

Он доступен для приобретения, например, у компании Sigma-Aldrich Ltd.

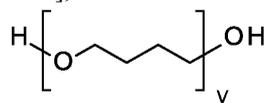
Высококипящая фракция в рамках процесса получения 2-этил-1-гексанола (HBF-2EH) [CAS № 68609-68-7], которая представляет собой комбинацию углеводородов в диапазоне от  $C_4$  до  $C_{16}$ , получаемую путем дистилляции продуктов в рамках процесса получения 2-этил-1-гексанола при температуре кипения в диапазоне от 199°C до 308°C (от 390°F до 586°F).

Полипропиленгликоль (230 MBT) [CAS № 25322-69-4] представляет собой полимер мономера пропиленгликоля с молекулярной массой 230 г/моль, который может быть обозначаться как  $H(C_3H_6O)_nOH$  и доступен для приобретения, например, у компании Sigma-Aldrich Ltd.

PolyTHF 250 представляет собой поли(тетрагидрофуран), обозначаемый как  $H(OCH_2CH_2CH_2CH_2)_xOH$  [CAS № 25190-06-1], как показано ниже,



со среднечисловой молекулярной массой  $M_n$  250. Он доступен для приобретения, например, у компании Sigma-Aldrich Ltd. Марка, которая доступна для приобретения у Sigma-Aldrich Ltd, в качестве стабилизатора содержит 2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол в количестве менее 0,05 мас.%.  
 PolyTHF 650 представляет собой поли(тетрагидрофуран), обозначаемый как  $\text{H}(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)_y\text{OH}$  [CAS № 25190-06-1], как показано ниже,



со среднечисловой молекулярной массой  $M_n$  650. Он доступен для приобретения, например, у компании Sigma-Aldrich Ltd. Марка, которая доступна для приобретения у Sigma-Aldrich Ltd, в качестве стабилизатора содержит 2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол в количестве от 0,05 до менее 0,07 мас.%.  
 С. Аэрация водной суспензии твердых веществ.

Пример С-1: аэрация водной фосфатной пульпы.

Для испытания системы с тремя фазами количество руды, рассчитанное как 1000 г сухой руды, помещают во флотационную камеру объемом 2,2 л флотационной машины Denver D12, после чего добавляют воду с получением водной пульпы с содержанием твердых веществ 34 мас.%. Руда представляет собой молотую фосфатную руду, из которой удалены мелкие частицы (обесшламленный оксид) и 1000 г не содержат шлама. 80 мас.% частиц фосфатной руды проходят через сито размером 250 мкм. Флотационную машину включают и устанавливают скорость вращения лопастного колеса на уровне на 1000 оборотов в минуту, обеспечивая, таким образом, достаточное суспендирование твердых частиц. К перемешиваемой пульпе добавляют вспениватель, как указано в табл. С-1, после чего его выдерживают в течение 1 минуты. Уловитель в пульпу (водную суспензию) не добавляют во избежание влияния уловителя в образование пены. Подача воздуха производится в виде регулируемого потока с различными скоростями потока в соответствии с табл. С-1. Пене дают прийти в устойчивое состояние в течение 30 секунд, после чего измеряют ее высоту. Температура перемешиваемой суспензии комнатная (около 20°C), т.е. отсутствует нагрев или охлаждение. Давление окружающей среды равно атмосферному. Результаты измерения высоты пены приведены в табл. С-1.

Таблица С-1

пример №	вспениватель	доза [г / т] <sup>с)</sup>	высота пены [мм] при расходе воздуха [л/ч] <sup>д)</sup>			
			200	300	400	500
С-1-1 <sup>а)</sup>	МИБК	10	2	3	5	-
С-1-2 <sup>б)</sup>	Poly THF 250	10	4	6	8	9
С-1-3 <sup>а)</sup>	МIBC	30	2	5	7	-
С-1-4 <sup>б)</sup>	Poly THF 250	30	9	11	13	14

Примечание:

- а) сравнительный;
- б) по изобретению;
- с) грамм на тонну сухой руды;
- д) литр воздуха в час.

Из табл. С-1 видно, что

по результатам сравнения примеров С-1-2 с С-1-1 и С-1-4 с С-1-3 становится очевидно, PolyTHF 250 позволяет получить высоту пены, которая при одинаковом использованном количестве выше, чем у МИБК;

по результатам сравнения примеров С-1-2 с С-1-3 становится очевидно, PolyTHF 250 позволяет получить высоту пены, которую нельзя получить при помощи МИБК, даже утроив его количество.

Пример С-2: аэрация медно-молибденовой сульфидной рудной пульпы.

Для испытания системы с тремя фазами (водная-воздушная-твердая) количество руды, рассчитанное как 1000 г сухой руды, помещают во флотационную камеру объемом 2,2 л флотационной машины Denver D12, после чего добавляют воду с получением водной пульпы с содержанием твердых веществ 34 мас.%. Руда представляет собой молотую медно-молибденовую сульфидную руду. 80 мас.% частиц мед-

но-молибденовой руды проходят через сито размером 150 мкм. Флотационную машину включают и устанавливают скорость вращения лопастного колеса на уровне на 1000 оборотов в минуту, обеспечивая, таким образом, достаточное суспендирование твердых частиц. К перемешиваемой пульпе добавляют вспениватель, как указано в табл. С-2, после чего его выдерживают в течение 1 мин. Уловитель в пульпу (водную суспензию) не добавляют во избежание влияния уловителя в образование пены. Подача воздуха производится в виде регулируемого потока с различными скоростями потока в соответствии с табл. С-2. Пене дают прийти в устойчивое состояние в течение 30 с, после чего измеряют ее высоту. Температура перемешиваемой суспензии комнатная (около 20°C), т.е. отсутствует нагрев или охлаждение. Давление окружающей среды равно атмосферному. Результаты измерения высоты пены приведены в табл. С-1.

Таблица С-2

пример №	вспениватель	доза [г / т] с)	высота пены [мм] при расходе воздуха [л/ч] <sup>d)</sup>				
			200	300	400	500	600
С-2-1 <sup>a)</sup>	МИБС	10	5	8	11	14	15
С-2-2 <sup>b)</sup>	Poly THF 250	10	7	10	13	15	17
С-2-3 <sup>a)</sup>	МИБС	30	5	8	12	15	16
С-2-4 <sup>b)</sup>	Poly THF 250	30	10	13	17	22	27

Примечание:

a) сравнительный;

b по изобретению;

c) грамм на тонну сухой руды;

d) литр воздуха в час.

Из табл. С-2 видно, что

по результатам сравнения примеров С-2-2 с С-2-1 и С-2-4 с С-2-3 становится очевидно, PolyTHF 250 позволяет получить высоту пены, которая при одинаковом использованном количестве выше, чем у МИБК;

по результатам сравнения примеров С-2-2 с С-2-3 становится очевидно, PolyTHF 250 позволяет получить высоту пены, которую в большинстве случаев нельзя получить при помощи МИБК, даже утроив его количество.

D. Флотация водной суспензии твердых веществ.

Пример D-1: флотация медно-молибденовой сульфидной руды.

Измельченную медно-молибденовую сульфидную руду подвергают флотации с использованием уловителя (SIBX) и единственного вспенивателя, как показано в табл. D-1. Все остальные переменные, включая уловитель, остаются неизменными. Полученные результаты флотации представлены в табл. D-1.

Таблица D-1

пример №	D-1-1 <sup>a)</sup>	D-1-2 <sup>b)</sup>
вспениватель	PPG 230 <sup>c)</sup>	Poly THF 250
пенный концентрат (= из удаленной пены)		
соотношение «масса-пена» (соответствует выходу продукта) [%] <sup>d)</sup>	9.68	9.64
содержание меди [%] <sup>e)</sup> (из удаленной пены)	5.43	5.44
выход пены [%] <sup>f)</sup> (соотношение количества и пены)	91.6	92.8
содержание молибдена [%] <sup>e)</sup> (из удаленной пены)	0.1830	0.1960
выход молибдена [%] <sup>f)</sup> (соотношение количества и пены)	85.5	86.5
флотационный концентрат (= хвосты, оставшиеся в камере)		
содержание меди [%] <sup>e)</sup>	0.045	0.039
содержание молибдена [%] <sup>e)</sup>	0.0040	0.0030

Примечание:

- a) сравнительный;
- b) по изобретению;
- c) стандартный используемый вспениватель;
- d) часть исходного сырья, которая приходится на удаленную пену;
- e) сравнительный анализ металлов;
- f) сравнительный пример.

Из табл. D-1 видно, что

сравнение примеров D-1-2 с D-1-1 показывает, что переход на PolyTHF 250 обеспечивает более высокий выход меди и молибдена и уменьшить потери нужной меди и молибдена в виде хвостов.

Пример D-2: флотация медно-золотосульфидной руды.

Измельченную медно-золотосульфидную руду подвергают флотации с использованием уловителя (SIBX) и единственного вспенивателя, как показано в табл. D-2. Все остальные переменные, включая уловитель, остаются неизменными. Полученные результаты флотации представлены в табл. D-2.

Таблица D-2

пример №	D-2-1 <sup>a)</sup>	D-2-2 <sup>b)</sup>
вспениватель	MIBC <sup>c)</sup>	Poly THF 250
пенный концентрат (= из удаленной пены)		
соотношение «масса-пена» (соответствует выходу продукта) [%] <sup>d)</sup>	7.11	7.57
содержание меди [%] <sup>e)</sup> (из удаленной пены)	10.4	9.86
выход пены [%] <sup>f)</sup> (соотношение количества и пены)	74.0	74.9
содержание золота [%] <sup>e)</sup> (из удаленной пены)	6.0	6.0
выход золота [%] <sup>f)</sup> (соотношение количества и пены)	64.8	66.3
флотационный концентрат (= хвосты, оставшиеся в камере)		
содержание меди [%] <sup>e)</sup>	0.28	0.27
содержание золота [массовых ч./млн] <sup>e)</sup>	0.25	0.25

Примечание:

a) сравнительный;

b) по изобретению;

c) стандартный используемый вспениватель;

d) часть исходного сырья, которая приходится на удаленную пену;

e) сравнительный анализ металлов;

f) сравнительный пример.

Из табл. D-2 видно, что

сравнение примеров D-2-2 с D-2-1 показывает, что переход на PolyTHF 250 обеспечивает более высокий выход меди и золота, и позволяет уменьшить потери нужной меди в виде хвостов.

D-3 флотация медно-сульфидной руды

Измельченную медно-сульфидную руду подвергают флотации с использованием уловителя (SIBX) и единственного вспенивателя, как показано в табл. D-3. Все остальные переменные, включая уловитель, остаются неизменными. Полученные результаты флотации представлены в табл. D-3.

Таблица D-3

Пример №	D-3-1 <sup>b)</sup>	D-3-2 <sup>a)</sup>	D-3-3 <sup>a)</sup>	D-3-4 <sup>a)</sup>	D-3-5 <sup>a)</sup>
Вспениватель	Poly THF 250	Бутил- Триглицоль <sup>c)</sup>	МIBC <sup>c)</sup>	НВФ- 2ЕН <sup>c)</sup>	Полиоксипропилен- глицоль (230MW) <sup>c)</sup>
Соотношение масса- пена (соответствует выходу продукта) [%] <sup>d)</sup>	20.2	20.4	20.8	23.7	15.6
пенный концентрат (= из удаленной пены)					
содержание меди [%] <sup>e)</sup> (из удаленной пены)	10.5	9.72	8.98	8.20	11.0
выход пены [%] <sup>f)</sup> (соотношение количества и пены)	79.9	78.5	78.4	76.1	73.3

Примечание:

a) сравнительный;

b) по изобретению;

c) стандартный используемый вспениватель;

d) часть исходного сырья, которая приходится на удаленную пену;

e) сравнительный анализ металлов;

f) сравнительный пример.

Из табл. D-3 видно, что:

Использование PolyTHF 250 приводит к максимальному количеству меди, которое попадает в пену (выход) по сравнению с другими используемыми стандартными вспенивателями.

D-4 Флотация медной руды бинарной смесью вспенивателей.

Измельченную медно-сульфидную руду подвергают флотации с использованием уловителя (SIBX) и либо смеси двух вспенивателей, одним из которых является PolyTHF 250, либо одного вспенивателя без PolyTHF 250. Все остальные переменные, включая уловитель, остаются неизменными. Полученные результаты флотации представлены в табл. D-4-1.

Таблица D-4

Пример №	Вспениватель 1	Вспениватель 2	Соотношение масса-пена, %	содержание меди [%] <sup>e)</sup> (=из удаленной пены)	Выход пены (соотношение количества и пены) [%] <sup>f)</sup>
D-4-1 <sup>a)</sup>	МIBC <sup>c)</sup> (100 мас.%)	PolyTHF 250 (0 мас.%)	20.8	8.98	78.4
D-4-2 <sup>b)</sup>	МIBC (70 мас.%)	PolyTHF 250 (30 мас.%)	21.7	9.19	79.7
D-4-3 <sup>a)</sup>	Бутил-Триглицоль <sup>c)</sup> (100%)	PolyTHF 250 (0%)	20.4	9.72	78.5
D-4-4 <sup>b)</sup>	Бутил-Триглицоль (70%)	PolyTHF 250 (30%)	19.2	10.5	78.6
D-4-5 <sup>a)</sup>	НBF-2EH (100%) <sup>c)</sup>	PolyTHF 250 (0%)	23.7	8.20	76.1
D-4-6 <sup>b)</sup>	НBF-2EH (70%)	PolyTHF 250 (30%)	21.2	9.73	77.7
D-4-7 <sup>a)</sup>	Полиоксипропиленгликоль (230MW) <sup>c)</sup> (100%)	PolyTHF 250 (0%)	15.6	11.0	73.3
D-4-8 <sup>b)</sup>	Полиоксипропиленгликоль (230MW) (70%)	PolyTHF 250 (30%)	15.4	11.9	74.0

Примечание:

a) сравнительный;

b) по изобретению;

c) стандартный используемый вспениватель;

e) сравнительный анализ металлов;

f) сравнительный пример.

Из табл. D-4 следует, что:

Уже при частичной замене стандартного вспенивателя PolyTHF 250 (в данном случае до 30%) можно получить увеличение выхода меди в восстановленной пене, а также

Частичное замещение также приводит к увеличению выхода меди в пене. Выводы

При оценке эффективности по результатам экспериментов с флотацией в соответствии с настоящим разделом D) соотношение выхода металла к извлекаемой массе является параметром, свидетельствующим, что эффективность является очень высокой.

Содержание продукта (концентрата) весьма часто напрямую связано с массой компонента на выходе. Однако, более высокий выход по массе при том же выходе металла может обеспечивать выход продукта более низкого качества. Таким образом, выход металла должен иметь приоритет по сравнению с выходом по массе.

Подводя итог по результатам рассмотрения приведенных выше примеров флотации, можно сделать вывод о том, что:

При сравнении результатов испытаний выход соответствующего металла является наиболее важ-

ным показателем (как указано выше), и

наиболее эффективными оказываются те тесты, при которых количество металла, т.е. меди является наибольшим, несмотря на то, что соотношение масса-пена может быть невысоким. Это приводит к повышению выхода металла, соответственно меди.

С. Аэрация водного раствора.

В случае с двухфазной системой (вода-воздух) готовят водный раствор PolyTHF 250 и водный раствор PolyTHF 650 одной и той же концентрации. Водный раствор PolyTHF 250 помещают в лабораторную флотационную машину с лопастным колесом, перемешивают и обеспечивают подачу воздуха с постоянной скоростью. Температура водного раствора комнатная (около 20°C), т.е. отсутствует нагрев или охлаждение. Давление окружающей среды равно атмосферному. Вал лопастного колеса имеет черное маркировочное кольцо для относительного сравнения значений высоты пены. После стабилизации высоты пены делают снимок (= фиг. 1). Испытание повторяют в идентичных условиях с водным раствором PolyTHF 650 и делают снимок (= фиг. 2).

В случае с водным раствором с PolyTHF 250 полученная пена и ее высота показаны на фиг. 1. В случае с водным раствором с PolyTHF 650 полученная пена и ее высота показаны на фиг. 2.

Сравнение фиг. 1 и 2 показывает, что как PolyTHF 250, так и PolyTHF 650 образуют мелкие и устойчивые пузырьки и обладают вспенивающим действием. При PolyTHF 250 стабильность пузырьков увеличивается, а коалесценция пузырьков снижается по сравнению с PolyTHF 650, что подтверждается высотой образующейся пены, поскольку более стабильная пена поднимается выше из-за повышенной стабильности пузырьков, соответственно, уменьшается коалесценция. По своей высоте пена на фиг. 1 с PolyTHF 250 доходит до верхнего края черной отметки на валу лопастного колеса, в то время как пена на фиг. 2 с PolyTHF 650 по высоте не доходит до верхнего края черной метки на валу лопастного колеса. Более высокая стабильность пузырьков обеспечивает большую вероятность удержания крупных частиц.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ флотации руды, который включает следующие этапы:
  - (A) получение водной суспензии, содержащей
    - (i) руду, которая находится в виде частиц,
    - (ii) воду,
    - (iii) первый вспениватель
 во флотационной камере с получением предусмотренной способом водной суспензии,
  - (B) подачу воздуха в полученную водную суспензию с получением пены, отличающийся тем, что первый вспениватель представляет собой поли(тетрагидрофуран), имеющий среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 200 г/моль-1200 г/моль.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне 200 г/моль-1000 г/моль.
3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что количество компонента (iii) в водной суспензии находится в диапазоне 0,00001-0,1 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i), предпочтительно 0,0001-0,05 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).
4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что количество компонента (ii) в водной суспензии находится в диапазоне 70-1100 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).
5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что, по меньшей мере, 80 массовых процентов частиц руды проходят через сито с размером ячеек 500 мкм.
6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что руда содержит первый минерал, который представляет собой сульфидный минерал, фосфатный минерал, силикатный минерал, карбонатный минерал, фторидный минерал, хлоридный минерал, оксидный минерал, минерал меди, минерал молибдена, минерал цинка, минерал свинца, минерал никеля, минерал железа, минерал марганца, минерал титана, минерал кобальта, минерал вольфрама, минерал ванадия, минерал олова, минерал алюминия, минерал лития, минерал скандия, минерал иттрия, минерал лантана, минерал церия, минерал празеодима, минерал неодима, минерал самария, минерал европия, минерал гадолиния, минерал тербия, минерал диспрозия, минерал гольмия, минерал эрбия, минерал тулия, минерал иттербия, минерал лютеция, минерал рутения, минерал родия, минерал палладия, минерал серебра, минерал осмия, минерал иридия, минерал платины, минерал золота или комбинированный минерал, который имеет химический состав, который позволяет отнести комбинированный минерал одновременно к двум или более указанным выше минералам.
7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что способ дополнительно включает этап
  - (C) удаления пены из флотационной камеры с получением пенного концентрата и флотационного концентрата.
8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что на этапе
  - (A) водная суспензия дополнительно содержит
    - (iv) первый дополнительный флотационный агент, отличный от поли(тетрагидрофурана), который

представляет собой уловитель, второй вспениватель, подаватель, масло-наполнитель или регулятор рН.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что (iv) первый дополнительный флотационный агент представляет собой уловитель.

10. Способ по п.8 или 9, отличающийся тем, что (iv) первый дополнительный флотационный агент представляет собой ионный уловитель, который представляет собой анионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество или катионное поверхностно-активное вещество, неионогенное поверхностно-активное соединение, которое представляет собой неионогенный уловитель или второй вспениватель, подаватель, масло-наполнитель или регулятор рН.

11. Способ по п.8 или 10, отличающийся тем, что первый дополнительный флотационный агент представляет собой второй вспениватель.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что второй вспениватель представляет собой циклический терпеновый спирт, метилизобутилкарбинол, нециклический спирт  $C_6-C_{12}$ , высококипящую фракцию 2-этилгексанола, полученную путем оксосинтеза, сложный алифатический эфир спирта, триэтоксидутан, этоксилированный и/или пропоксилированный нециклический спирт  $C_1-C_6$ , полиэтиленгликоль или полипропиленгликоль.

13. Способ по п.11 или 12, отличающийся тем, что на этапе

(A) водная суспензия дополнительно содержит

(v) второй дополнительный флотационный агент, отличный от поли(тетрагидрофурана) и представляющий собой уловитель.

14. Способ по любому из пп.2-13, отличающийся тем, что поли(тетрагидрофуран) имеет среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне от 210 г/моль до 700 г/моль, предпочтительно в диапазоне 220 г/моль-350 г/моль.

15. Водная суспензия для флотации руды, содержащая

(i) руду, которая находится в виде частиц,

(ii) воду,

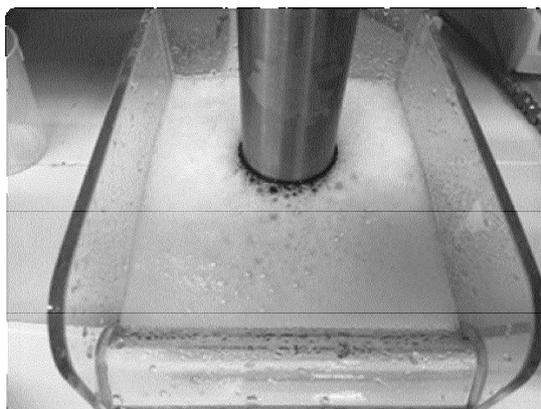
(iii) первый вспениватель,

отличающаяся тем, что первый вспениватель представляет собой поли(тетрагидрофуран), имеющий среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне от 200 г/моль до 1200 г/моль,

количество компонента (iii) в водной суспензии находится в диапазоне 0,00001-0,1 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i), и

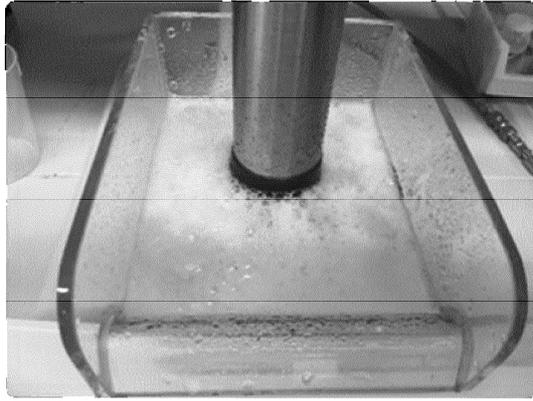
количество компонента (ii) в водной суспензии находится в диапазоне 100-1000 массовых частей из расчета на 100 массовых частей компонента (i).

16. Применение первого вспенивателя в качестве компонента (iii) водной суспензии, которая дополнительно содержит (i) руду, которая находится в виде частиц, и (ii) воду для получения пены во флотационной камере при подаче воздуха в водную суспензию, отличающееся тем, что первый вспениватель представляет собой поли(тетрагидрофуран), имеющий среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  в диапазоне от 200 г/моль до 1200 г/моль.



Фиг. 1

047769



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

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

---