

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040184**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.28

(51) Int. Cl. *C07C 309/15* (2006.01)

(21) Номер заявки
201991954

(22) Дата подачи заявки
2018.03.19

(54) **СПОСОБ ОБРАБОТКИ СУСПЕНЗИИ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ВОДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ (СО)ПОЛИМЕРА ГИДРАТИРОВАННОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЫ 2-АКРИЛАМИДО-2-МЕТИЛПРОПАНСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ**

(43) **2020.01.31**

(56) US-A1-2010274048
WO-A1-2016128638

(86) PCT/FR2018/050660

(87) WO 2018/172683 2018.09.27

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
СПСМ СА (FR)

(72) Изобретатель:
**Фаверо Седрик, Киффер Йоганн,
Дагер Фредерик (FR)**

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(57) Настоящее изобретение относится к способу обработки суспензии твердых частиц в воде с применением водорастворимых (со)полимеров, полученных из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей. Этот способ особенно пригоден для обработки остатков, полученных в горнодобывающей промышленности.

040184

B1

040184
B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу обработки суспензии твердых частиц в воде, такой как отходы горнодобывающей промышленности, с применением водорастворимых (со)полимеров, полученных из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей. Способ включает стадию приведения указанной суспензии в контакт с водорастворимыми (со)полимерами, полученными из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей.

Способ согласно настоящему изобретению включает, помимо прочего, добавление указанных водорастворимых (со)полимеров в сгуститель, содержащий суспензию, подлежащую обработке, и/или при транспортировке указанной суспензии в зону хранения для ее дегидратации и отверждения, и/или добавление указанных водорастворимых (со)полимеров в указанную суспензию, а затем проведение механической обработки, такой как центрифугирование, прессование или фильтрация.

Описание уровня техники

Суспензии твердых частиц в воде включают все типы шлама, остатков и отходов. Суспензии могут образовываться при обработке руд. Они могут представлять собой, например, шлам или промышленные остатки и все продукты от промывки и отходы горнодобывающих предприятий, образующиеся при добыче полезных ископаемых, таких как, например, угольные шахты, алмазные шахты, фосфатные шахты, металлические рудники (алюминий, платина, железо, золото, медь, серебро и т.д.). Суспензии могут также образовываться из шлама или остатков экстракции, полученных при обработке битумного песка. Эти суспензии твердых частиц, как правило, содержат органические и/или минеральные частицы, такие как, например, глины, осадочные отложения, песок, оксиды металлов, нефть и т.д., смешанные с водой.

Термин "суспензия" используется далее в данном документе и относится к суспензиям твердых частиц, как описано выше.

Обработка этих остатков и других отходов стала технической, экологической проблемой и проблемой общественного порядка. Применение синтетических или природных полимеров, таких как коагулянты и флокулянты, для отделения твердых частиц от жидкости является существующим в настоящее время подходом.

В течение длительного времени и даже сейчас минеральный шлам, получаемый посредством физической или химической обработки руд, хранили в открытом виде в отстойных бассейнах, отстойных прудах, хвостовых отвалах или шлаковом отвале в полужидком виде. Эти большие объемы хранящегося шлама, таким образом, создают реальную опасность, в частности, при разрушении дамб.

Поскольку традиционные решения касательно хранения являются очевидно опасными, большее число национальных нормативов было опубликовано, запрещающих ликвидацию этих зон. Нормативы также обязывают проводить восстановление этих мест, а именно обработку и уплотнение почвы.

Следовательно, усовершенствование химической и механической обработок осадков или шлама является важной задачей.

Различные попытки предпринимались в течение последних десятилетий для повышения скорости осаждения остатков для эффективной рециркуляции воды и для снижения объема остатка. Основные физические обработки включают центрифугирование, фильтрацию, электрофорез и электрокоагуляцию.

Кроме того, появились химические способы. Они включают способ, предусматривающий добавление химических продуктов, таких как силикат натрия, органические флокулянты, неорганические коагулянты, окисляющие и восстанавливающие средства и, совсем недавно, диоксид углерода.

В 1979-1980 гг. Alstom Atlantique и SNF (патент США №4347140) разработали многостадийную флокуляционную систему (суперфлокуляция), специально разработанную для обработки бассейнов для отстаивания глин, полученных в результате производства фосфатов во Флориде.

Обработку суспензии изучали постоянно: в 1986 г. согласно способу, описанному в СА 1273888, затем в 1994 г. в WO 96/05146, в 2000 г. в СА 2407869 и в 2004 г. в СА 1515581.

В документе СА 2682542 способ включает добавление полимеров, модифицированных сополимеризацией и/или разветвлением. Полимеры с гидрофобными группами, которые также изучались, показали улучшение при обработке суспензий.

Несмотря на основные достижения в последние годы все еще есть необходимость в разработке (со)полимеров, которые обеспечивают повышение скорости высвобождения и количества воды, высвобождаемой из суспензий. Улучшение физических характеристик полученного дегидратированного шлама также рассматриваются.

Раскрытие изобретения

Настоящее изобретение удовлетворяет вышеуказанным требованиям посредством способа обработки суспензии твердых частиц в воде с применением по меньшей мере одного водорастворимого (со)полимера, полученного из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей.

Настоящее изобретение относится к способу обработки суспензии твердых частиц в воде, включающему приведение указанной суспензии в контакт с по меньшей мере одним водорастворимым (со)полимером, полученным из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метил-

пропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей.

В общем, если не указано иное, "2-акриламидо-2-метилпропансульфоновая кислота в гидратированной кристаллической форме" означает кислотную форму и/или солевую форму. То же самое относится к анионным мономерам, которые могут означать кислотные и/или солевые формы, такие как, например, для акриловой кислоты.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения (со)полимер по настоящему изобретению получен из солевой формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной кристаллической форме. Таким образом, 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновая кислота предпочтительно частично или полностью превращена в соль перед полимеризацией. Кислотная форма мономера может быть превращена в соль перед, и/или во время, и/или после (со)полимеризации мономера или мономеров.

Очень неожиданно применение по меньшей мере одного водорастворимого (со)полимера, полученного из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере из одной из ее солей, обеспечивает эффективную обработку суспензий твердых веществ. Это именно применение гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты при получении водорастворимого (со)полимера придает указанному (со)полимеру конкретные свойства, за счет этого обеспечивая улучшение обработки твердых частиц в суспензиях.

По определению водорастворимый (со)полимер представляет собой (со)полимер, который обеспечивает получение водного раствора при его растворении при перемешивании при 25°C и с концентрацией 50 гл⁻¹ в воде.

Гидратированная кристаллическая форма 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты характеризуется порошковой рентгеновской дифрактограммой, содержащей пики при значениях угла 2-тета, составляющих 10,58°, 11,2°, 12,65°, 13,66°, 16,28°, 18,45°, 20°, 20,4°, 22,5°, 25,5°, 25,88°, 26,47°, 28,52°, 30,28°, 30,8°, 34,09°, 38,19°, 40,69°, 41,82°, 43,74°, 46,04°. Неопределенность для этих пиков обычно составляет порядка 0,1°.

Рентгеновская кристаллография, радиокристаллография или рентгеновская дифрактометрия является аналитической методикой для изучения структуры кристаллического материала на атомном уровне. В ней используется физическое явление рентгеновской дифракции. Можно использовать дифрактометр с медным источником.

Порошок, образованный из данной кристаллической фазы, будет всегда давать дифракционные пики в одних и тех же направлениях. Поэтому эта дифрактограмма образует реальный комплекс характеристических признаков кристаллической фазы. Таким образом, можно определить природу каждой кристаллической фазы в смеси или чистом продукте.

Этот комплекс характеристических признаков является специфическим для каждого кристаллического органического или неорганического соединения и представлен в виде списка пиков с положениями при угле 2θ (2-тета).

Эта методика используется для определения характеристик материала, особенно различных кристаллических форм, которые могут существовать для заданной химической молекулы.

Гидратированная кристаллическая форма 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты характеризуется инфракрасным спектром с преобразованием Фурье, содержащим пики при 3280 см⁻¹, 3126 см⁻¹, 1657 см⁻¹, 1595 см⁻¹, 1453 см⁻¹, 1395 см⁻¹, 1307 см⁻¹, 1205 см⁻¹, 1164 см⁻¹, 1113 см⁻¹, 1041 см⁻¹, 968 см⁻¹, 885 см⁻¹, 815 см⁻¹, 794 см⁻¹. Неопределенность для этих пиков обычно составляет порядка 8 см⁻¹. Преимущественно это спектр твердого вещества, полученного обычно в соли, такой как KBr.

Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье представляет собой анализ вибраций, излучаемых, поглощенных или распространяемых молекулами. Эта методика чувствительна к ближнему взаимодействию (влияние элементарной ячейки на связи). В большинстве случаев инфракрасные спектры с преобразованием Фурье для различных кристаллических систем значительно отличаются. Поэтому инфракрасный спектр с преобразованием Фурье отражает подробности о кристаллической структуре органического соединения.

В целом, и если не указано иное, рентгеновскую дифрактограмму и инфракрасный спектр получают при 20°C и атмосферном давлении, равном 1 атмосфере (101325 Па).

Гидратированная кристаллическая форма 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты характеризуется минимальной энергией воспламенения более 400 мДж, предпочтительно более 500 мДж (1 мДж=10⁻³ джоуль).

Минимальная энергия воспламенения представляет собой минимальную энергию, которую необходимо придать соединению, чтобы вызвать воспламенение. Энергия может быть электрической или тепловой. Минимальная энергия воспламенения является важной частью данных для учета риска взрыва при обращении с продуктом (перемещение, хранение, реагирование, формование и т.д.).

Минимальная энергия воспламенения зависит от свойств порошка (состава) и его макромолекулярной структуры (размер частиц, кристаллическая форма, удельная площадь поверхности).

Для твердых веществ эта энергия представляет собой минимальную энергию электрической искры, которая может воспламенить облако пыли. Чем выше минимальная энергия воспламенения, тем ниже

риск, который представляет собой твердое вещество при использовании, обработке, хранении.

Минимальную энергию воспламенения измеряли согласно стандарту NF EN 13821.

Для гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты наблюдают 4 тепловых явления с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии при 70°C, 100°C, 150°C и 190°C. Относительная неопределенность при наблюдении этих явлений обычно составляет порядка 10°C, преимущественно 5°C или меньше.

Тепловые явления измеряют с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (DSC). С помощью данной методики измеряют изменение теплоты, связанное с термическим денатурированием соединения, когда его нагревают с постоянной скоростью, например при скорости нагревания 10°C/мин.

Общепризнано, что тепловое явление, которое происходит при 190°C (+/-10°C), относится к точке плавления 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты.

Согласно настоящему изобретению неожиданно обнаружили, что применение (со)полимера, полученного из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты, улучшает эффективность обработки суспензий в отношении:

повышения концентрации шлама на выходном отверстии сгустителя, или

стадии дегидратации и стадий высушивания и отверждения суспензий при выгрузке на землю, или механической обработки обработанных суспензий.

Дополнительный аспект настоящего изобретения представляет собой способ флокуляции суспензии твердых частиц в воде, включающий приведение указанной суспензии в контакт с по меньшей мере одним водорастворимым (со)полимером, полученным из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей.

Согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения водорастворимый (со)полимер получен по меньшей мере из 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты; при этом 50-100% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты преимущественно находятся в гидратированной кристаллической форме, более преимущественно 70-100% и еще более преимущественно 100%.

Если не указано иное (количество средства для обеспечения разветвления/сшивания и количество твердых частиц в суспензии, которую необходимо обработать), доли в процентах представляют собой мольные доли в процентах.

Водорастворимый (со)полимер преимущественно получен из 0,1-100 мол.% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты, предпочтительно от 2 до 60 мол.% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты, еще более предпочтительно от 3 до 25 мол.% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты; при этом 50-100% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты преимущественно находятся в гидратированной кристаллической форме, более преимущественно 70-100% и еще более преимущественно 100%.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения (со)полимер по настоящему изобретению получен из солевой формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной кристаллической форме. Таким образом, 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновокислота предпочтительно частично или полностью превращена в соль перед полимеризацией. Предпочтительно она полностью превращена в соль.

Солевая форма преимущественно получена из соединения, выбранного из гидроксида щелочного или щелочноземельного металла, оксида щелочного или щелочноземельного металла, аммиака, амина со следующей формулой $NR_1R_2R_3$ (причем R_1 , R_2 и R_3 преимущественно представляют собой углеводородные группы, в частности алкильные группы) или карбоната щелочного или щелочноземельного металла. Предпочтительным щелочным металлом является натрий.

Водорастворимый (со)полимер, предпочтительно, получен из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей и из по меньшей мере одного неионогенного мономера, и/или по меньшей мере одного анионного мономера, и/или по меньшей мере одного катионного мономера, и/или цвиттерионного мономера.

Неионогенный мономер или мономеры, которые можно использовать в пределах объема настоящего изобретения, можно выбрать, в частности, из группы, включающей водорастворимые виниловые мономеры. Предпочтительные мономеры, относящиеся к данному классу, представляют собой, например, акриламид, метакриламид, N-изопропилакриламид, N,N-диметилакриламид, N,N-диэтилакриламид и N-метилолакриламид. Также можно использовать следующие: N-винилформамид, N-винилацетамид, N-винилпиридин и N-винилпирролидон, N-винилимидазол, N-винилсукцинимид, акрилоилморфолин (АСМО), акрилоилхлорид, глицидилметакрилат, глицерилметакрилат, диацетонакриламид и изопренол. Предпочтительный неионогенный мономер представляет собой акриламид.

Согласно конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер преимущественно получен из 1-99,9 мол.% неионогенного(ых) мономера(ов), предпочтительно 40-95 мол.% и более предпочтительно 45-90 мол.% в пересчете на общее количество мономеров. В данном случае (со)полимер преимущественно получен из 0,1-99 мол.% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты и более предпочтительно 10-55 мол.%; при этом 50-100% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты преимущественно находятся в гидратированной кристаллической форме, более преимущественно 70-

100% и еще более преимущественно 100%.

Анионный(ые) мономер(ы), который(ые) можно использовать в пределах объема настоящего изобретения, можно выбрать из широкой группы. Эти мономеры могут иметь акриловую, виниловую, малеиновую, фумаровую, малоновую, итаконовую или аллиловую функциональные группы и содержать карбоксилатную, фосфонатную, фосфатную, сульфатную, сульфонатную группу или другую анионную группу. Анионный мономер может находиться в кислотной форме или в форме соли щелочноземельного металла, соли щелочного металла или аммонийной соли. Примеры подходящих мономеров включают акриловую кислоту; метакриловую кислоту; итаконовую кислоту; кротоновую кислоту; малеиновую кислоту; фумаровую кислоту; акриламидоундекановую кислоту; 3-акриламидо-3-метилбутановую кислоту; малеиновый ангидрид; мономеры типа сильной кислоты, имеющие, например, функциональную группу типа сульфоновой кислоты или фосфоновой кислоты, например винилсульфоновой кислоты, винилфосфоновой кислоты, аллилсульфоновой кислоты, металлилсульфоновой кислоты, 2-метилденпропан-1,3-дисульфоновой кислоты, 2-сульфоэтилметакрилата, сульфопропилметакрилата, сульфопропилакрилата, аллилфосфоновой кислоты, стиролсульфоновой кислоты, 2-акриламидо-2-метилпропандисульфоновой кислоты; и водорастворимые соли этих мономеров, такие как их соли щелочного металла, щелочноземельного металла или аммония. В данном списке упомянутые мономеры сильной кислоты, имеющие функциональную группу сульфоновой кислоты, не включают гидратированную кристаллическую форму 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты.

Согласно конкретному варианту осуществления (со)полимер преимущественно получен из 0,1-100 мол.% анионного(ых) мономера(ов), предпочтительно 1-99 мол.% и более предпочтительно 5-70% и даже более предпочтительно 10-50 мол.% в пересчете на общее количество мономеров. В данном случае такие доли в процентах также включают гидратированную кристаллическую форму 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты согласно настоящему изобретению.

Катионный(ые) мономер(ы), который(ые) можно использовать в пределах объема настоящего изобретения, можно выбрать, в частности, из группы мономеров, полученных из звеньев типа акриламида, акрила, винила, аллила или малеиновой кислоты, где такие мономеры имеют группу четвертичного фосфония или аммония. Следует упомянуть, в частности и неограничивающим способом, кватернизованный диметиламиноэтилакрилат, кватернизованный диметиламиноэтилакрилат, хлорид диметилдиаллиламмония (DADMAC), хлорид акриламидопропилтриметиламмония (АРТАС) и хлорид метакриламидопропилтриметиламмония (МАРТАС). Средство для кватернизации можно выбрать из алкилхлоридов, диалкилсульфатов или алкилгалогенидов. Предпочтительно средство для кватернизации выбрано из метилхлорида или диэтилсульфата.

Кислые соли получают посредством способов, известных специалисту в данной области техники, а именно протонированием. Кватернизованные соли также получают посредством способов, известных специалисту в данной области техники, а именно посредством проведения реакции с бензилхлоридом, метилхлоридом (MeCl), арилхлоридами, алкилхлоридами или диалкилсульфатами, такими как диметилсульфат.

Согласно предпочтительному варианту осуществления катионный мономер выбран из солей диаллилдиалкиламмония, таких как хлорид диаллилдиметиламмония (DADMAC), кислых или кватернизованных солей диалкиламиноалкилакриламидов или метакриламидов, таких как, например, хлорид метакриламидопропилтриметиламмония (МАРТАС) или хлорид акриламидопропилтриметиламмония (АРТАС).

Если мономер, характеризующийся катионной природой, используют для получения водорастворимого (со)полимера, его количество преимущественно находится в диапазоне от 0,01 до 20 мол.% в пересчете на общее количество мономеров, более предпочтительно от 0,2 до 6 мол.%.

Цвиттерионный мономер может представлять собой производное акриламида, акрила, винила, аллила или малеиновой кислоты с группой амина или четвертичного аммония и кислотной функциональной группой, такой как карбоновая (или карбоксилатная), сульфоновая (или сульфонатная) или фосфорная (или фосфонатная) кислота. Следует упомянуть, в частности и неограничивающим образом, производные диметиламиноэтилакрилата, такие как 2-((2-(акрилоилокси)этил)диметиламмоний)этан-1-сульфонат, 3-((2-(акрилоилокси)этил)диметиламмоний)пропан-1-сульфонат, 4-((2-(акрилоилокси)этил)диметиламмоний)бутан-1-сульфонат, [2-(акрилоилокси)этил](диметиламмоний)ацетат; производные диметиламиноэтилметакрилата, такие как 2-((2-(метакрилоилокси)этил)диметиламмоний)этан-1-сульфонат, 3-((2-(метакрилоилокси)этил)диметиламмоний)пропан-1-сульфонат, 4-((2-(метакрилоилокси)этил)диметиламмоний)бутан-1-сульфонат, [2-(метакрилоилокси)этил](диметиламмоний)ацетат; производные диметиламинопропилакриламида, такие как 2-((3-акриламидопропил)диметиламмоний)этан-1-сульфонат, 3-((3-акриламидопропил)диметиламмоний)пропан-1-сульфонат, 4-((3-акриламидопропил)диметиламмоний)бутан-1-сульфонат, [3-(акрилоилокси)пропил](диметиламмоний)ацетат; производные диметиламинопропилметилакриламида, такие как 2-((3-метакриламидопропил)диметиламмоний)этан-1-сульфонат, 3-((3-метакриламидопропил)диметиламмоний)пропан-1-сульфонат, 4-((3-метакриламидопропил)диметиламмоний)бутан-1-сульфонат и [3-(метакрилоилокси)пропил](диметиламмоний)ацетат.

Если мономер, характеризующийся цвиттерионной природой, используют для получения водорастворимого (со)полимера, его количество преимущественно находится в диапазоне от 0,01 до 20 мол.% в

пересчете на общее количество мономеров, более предпочтительно от 0,1 до 10 мол.%.

Мономеры с гидрофобной природой можно также использовать при получении водорастворимого (со)полимера, используемого в способе по настоящему изобретению. Они предпочтительно выбраны из группы, состоящей из сложных эфиров (мет)акриловой кислоты с алкильной, арилалкильной, пропоксильированной, этоксилированной или этоксилированной и пропоксильированной цепью; производные (мет)акриламида с алкильной, арилалкильной, пропоксильированной, этоксилированной, этоксилированной и пропоксильированной или диалкильной цепью; алкиларилсульфонаты.

Если мономер, характеризующийся гидрофобной природой, используют для получения водорастворимого (со)полимера, его количество преимущественно находится в диапазоне от 0,001 до 3 мол.% в пересчете на общее количество мономеров.

Водорастворимый (со)полимер предпочтительно представляет собой анионный (со)полимер на основе акриламида и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты; при этом 50-100% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты находятся в гидратированной кристаллической форме и/или в форме ее соли. Он предпочтительно представляет собой терполимер акриламида, акриловой кислоты и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты; при этом 50-100% 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты находятся в гидратированной кристаллической форме и/или в форме ее солей. В обоих случаях (со)полимер затем может быть частично или полностью гидролизован, анионные мономеры могут находиться в кислотной или солевой форме.

Предпочтительно водорастворимый (со)полимер содержит только мономерные анионные и неионные звенья. Другими словами, он предпочтительно получен по меньшей мере из одного анионного мономера и по меньшей мере одного неионного мономера.

Согласно настоящему изобретению водорастворимый (со)полимер может иметь линейную, разветвленную, звездообразную, гребневидную, дендритную или блочную структуру. Такие структуры можно получать путем подбора инициатора, средства для переноса цепи, методики полимеризации, такой как контролируемая радикальная полимеризация, известная как RAFT (обратимая передача цепи по механизму присоединение-фрагментация), NMP (нитроксид-опосредованная полимеризация) или ATRP (радикальная полимеризация с переносом атома), путем включения структурных мономеров или концентрирования и т.д.

Согласно настоящему изобретению водорастворимый (со)полимер преимущественно является линейным или структурированным. Структурированный (со)полимер означает нелинейный (со)полимер, который содержит боковые цепи с получением, при растворении данного (со)полимера в воде, состояния с высоким спутыванием, что приводит к очень высоким значениям вязкости при низких градиентах. Водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению обычно несшитый.

Водорастворимый (со)полимер может быть, помимо прочего, структурирован:

с помощью по меньшей мере одного структурообразующего средства, которое может быть выбрано из группы, включающей ненасыщенные мономеры полиэтилена (содержащие по меньшей мере две ненасыщенные функциональные группы), такие как, например, винильные, аллильные, акриловые функциональные группы и функциональные эпокси группы, и для примера могут быть указаны метилен-бис-акриламид (МВА), триаллиламин, хлорид тетрааллиламмония или 1,2-дигидроксиэтилен-бис-(N-акриламид), и/или

с помощью макроинициаторов, таких как полипероксиды, полиазосоединения и полимеры, представляющие собой средства для переноса цепи, такие как (со)полимеры полимеркаптана, и полиолы, и/или

с помощью функционализированных полисахаридов.

Количество средства для обеспечения разветвления/сшивания в мономерной смеси преимущественно составляет менее 4% по весу в пересчете на содержание мономеров, более предпочтительно менее 1% и еще более предпочтительно менее 0,5%. Согласно конкретному варианту осуществления оно может равняться по меньшей мере 0,00001% по весу в пересчете на общее количество мономеров.

Мономеры с флуоресцентной группой можно также использовать в пределах объема настоящего изобретения. Мономер с флуоресцентной функциональной группой можно выявить любым подходящим способом, например флуориметрией с помощью флуориметра с фиксированной длиной волны. В общем, мономер с флуоресцентной группой детектируют на максимумах возбуждения и излучения, что можно определить с помощью сканирующего флуорометра.

Такие мономеры с флуоресцентной группой выбраны из, например, мономеров, содержащих стиролсульфонат натрия и стиролсульфоновою кислоту.

В общем, (со)полимер не требует разработки какого-либо конкретного способа полимеризации. Конечно, его можно получать согласно методикам полимеризации, известным специалисту в данной области техники. В частности, они могут представлять собой полимеризацию в растворе, полимеризацию в геле, полимеризацию осаждением, полимеризацию в эмульсии (водной или обратной), суспензионную полимеризацию, полимеризацию с реакционной экструзией, полимеризацию в эмульсии типа "вода в воде" или мицеллярную полимеризацию.

Полимеризация обычно представляет собой свободнорадикальную полимеризацию, предпочти-

тельно путем полимеризации обратной эмульсии или полимеризации в геле. Под свободнорадикальной полимеризацией авторы настоящего изобретения понимают свободнорадикальную полимеризацию с помощью УФ-инициаторов, инициаторов, представляющих собой азосоединения, окислительно-восстановительных или термических инициаторов, а также методик контролируемой радикальной полимеризации (CRP) или матричной полимеризации.

Согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения (со)полимер можно затем гидролизовать. Последующий гидролиз представляет собой реакцию (со)полимера после полимеризации. Данная стадия заключается в проведении реакции гидролизуемых функциональных групп на преимущественно неионогенных мономеров, более преимущественно амидных или сложноэфирных функциональных групп, со средством для гидролиза. Данное средство для гидролиза может представлять собой фермент, ионообменную смолу или щелочной металл. Предпочтительно средство для гидролиза представляет собой основание. Во время данной стадии последующего гидролиза (со)полимера число функциональных групп карбоновой кислоты увеличивается. Конечно, осуществление реакции между основанием и амидными или сложноэфирными группами, присутствующими в (со)полимере, обеспечивает образование карбоксилатных групп.

Согласно настоящему изобретению (со)полимер может находиться в форме жидкости, геля или твердого вещества, когда его получение включает стадию высушивания, такую как высушивание распылением, высушивание во вращающемся барабане, высушивание с помощью электромагнитного излучения, такого как микроволновое излучение, или высушивание в псевдооживленном слое.

Согласно конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер может содержать по меньшей мере одну группу с LCST.

Согласно общим знаниям специалиста в данной области техники группы с LCST соответствуют группам, растворимость которых в воде для определенной концентрации изменяется за пределами некоторой температуры и зависит от содержания солей. Она представляет собой группу с температурой перехода при нагревании, определяющей недостаток ее аффинности с растворяющей средой. Отсутствие аффинности с растворителем приводит к помутнению или потере прозрачности, что может быть вызвано осаждением, агрегацией, образованием геля или увеличением вязкости среды. Минимальная температура перехода известна как "LCST" (нижняя критическая температура растворения). Для каждой концентрации группы с LCST наблюдали температуру перехода при нагревании. Она выше, чем LCST, которая является минимальной точкой на кривой. Ниже этой температуры полимер растворим в воде; выше этой температуры полимер теряет свою способность растворяться в воде.

Согласно конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер может содержать по меньшей мере одну группу с UCST.

Согласно общим знаниям специалиста в данной области техники группы с UCST соответствуют группам, растворимость которых в воде для определенной концентрации изменяется за пределами некоторой температуры и зависит от содержания солей. Она представляет собой группу с температурой перехода при охлаждении, определяющей недостаток ее аффинности с растворяющей средой. Отсутствие аффинности с растворителем приводит к помутнению или потере прозрачности, что может быть вызвано осаждением, агрегацией, образованием геля или увеличением вязкости среды. Максимальная температура перехода известна как "UCST" (верхняя критическая температура растворения). Для каждой концентрации группы с UCST наблюдали температуру перехода при охлаждении. Она ниже, чем UCST, которая является максимальной точкой на кривой. Выше этой температуры (со)полимер растворим в воде; ниже этой температуры (со)полимер теряет свою способность растворяться в воде.

Согласно настоящему изобретению водорастворимый (со)полимер преимущественно характеризуется высокой молекулярной массой. "Высокая молекулярная масса" обозначает значения молекулярной массы, составляющие по меньшей мере 0,5 миллиона г/моль, предпочтительно от 0,5 до 40 миллионов г/моль, более предпочтительно от 5 до 30 миллионов г/моль. Молекулярная масса понимается как средневесовая молекулярная масса. Водорастворимый (со)полимер также может характеризоваться молекулярной массой от 5000 до 100000 г/моль или от 100000 до 500000 г/моль.

Молекулярную массу определяют по характеристической вязкости (со)полимера. Характеристическую вязкость можно измерять с помощью способов, известных специалисту в данной области техники, и она может быть рассчитана исходя из значений приведенной вязкости для различных концентраций (со)полимера графическим способом, состоящим в записи значений приведенной вязкости (ось y) относительно концентрации (ось x) и экстраполяции кривой до нулевой концентрации. Значение характеристической вязкости записывают на оси y или с применением метода наименьших квадратов. Молекулярную массу можно затем определить по уравнению Марка-Хувинка:

$$[\eta] = K M^{\alpha},$$

где $[\eta]$ представляет собой характеристическую вязкость (со)полимера, определенную с помощью способа измерения вязкости в растворе;

K представляет собой эмпирическую постоянную;

M представляет собой молекулярную массу (со)полимера;

α представляет собой коэффициент Марка-Хувинка;

K и α зависят от конкретной системы (со)полимер-растворитель.

Как было указано ранее, настоящее изобретение относится к способу обработки суспензии твердых частиц в воде, включающему приведение указанной суспензии в контакт с по меньшей мере одним водорастворимым (со)полимером, при этом указанный (со)полимер получен из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты или по меньшей мере одной из ее солей. Он включает смешивание указанной суспензии с водорастворимым (со)полимером по настоящему изобретению.

Такую обработку можно проводить в сгустителе, который является областью хранения, обычно в виде секции трубы диаметром в несколько метров с конической нижней частью, в которой частицы могут осесть. Согласно конкретному варианту осуществления водную суспензию транспортируют по трубопроводу (контур) в сгуститель и водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению добавляют в указанный трубопровод.

Согласно другому конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению добавляют в сгуститель, который уже содержит суспензию, подлежащую обработке. В обычной операции обработки руды суспензии часто концентрируют в сгустителе. Это обеспечивает получение шлама с большей плотностью, который выходит из основания сгустителя, и водной жидкости, высвобождаемой из обработанной суспензии (известная как щелок), которая выходит путем перелива сверху сгустителя. Добавление водорастворимого (со)полимера согласно настоящему изобретению повышает концентрацию шлама и увеличивает прозрачность раствора.

Согласно другому конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению добавляют в суспензию частиц при транспортировке указанной суспензии в зону хранения. Предпочтительно водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению добавляют в трубопроводе, который транспортирует указанную суспензию в зону хранения. Именно по этой зоной хранения обработанную суспензию распределяют с целью ее дегидратации и отверждения. Зоны хранения могут быть открытыми, такими как, например, неограниченная зона земли, или закрытыми, такими как, например, бассейн, установка.

Одним примером данных обработок при транспортировке суспензий является распределение суспензии, обработанной водорастворимым (со)полимером согласно настоящему изобретению, над землей с целью ее дегидратации и отверждения, затем распределения второго слоя обработанной суспензии над первым отвержденным слоем. Другой пример заключается в непрерывном распределении суспензии, обработанной водорастворимым (со)полимером согласно настоящему изобретению, так что обработанная суспензия непрерывно падает на суспензию, выгруженную ранее в зону хранения, таким образом формируя кучу обработанного материала, из которого экстрагируется вода.

Согласно другому конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению добавляют к суспензии и затем проводят механическую обработку, такую как центрифугирование, прессование или фильтрация.

Водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению можно добавлять одновременно на различных стадиях обработки суспензии, т.е., например, в трубопровод (контур), транспортирующий суспензию в сгуститель, и в шлам, выходящий из сгустителя, который будет затем отправлен или в зону хранения, или в устройство для механической обработки.

Водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению можно добавлять в водную суспензию, подлежащую обработке, в виде жидкости или твердого вещества. Его можно добавлять в виде эмульсии (типа "вода в масле"), многофазной водной, масляной или суспензии частиц порошка. (Со)полимер предпочтительно добавляют в виде водного раствора, полученного из концентрированной формы полимера в виде порошка, эмульсии типа "вода в масле" или многофазной водной или масляной суспензии частиц.

Согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения многофазная водная суспензия частиц предпочтительно содержит:

- i) от 15 до 60% по массе по меньшей мере одного водорастворимого (со)полимера согласно настоящему изобретению в виде твердых частиц со средним размером от 5 до 500 мкм;
- ii) от 15 до 45% по массе по меньшей мере одной соли щелочного металла и/или по меньшей мере одной соли щелочноземельного металла;
- iii) по меньшей мере один загуститель, отличный от водорастворимого полимера;
- iv) по меньшей мере 10% по массе воды, и при этом указанная суспензия характеризуется вязкостью по Брукфильду от 500 до 20000 спз при температуре 20°C, и при этом указанная суспензия характеризуется плотностью от 1,1 до 2 кг.л⁻¹.

Согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения многофазная масляная суспензия частиц предпочтительно содержит:

- i) от 15 до 60% по массе по меньшей мере одного водорастворимого (со)полимера согласно на-

стоящему изобретению в виде твердых частиц со средним размером от 5 до 500 мкм;

ii) по меньшей мере один загуститель, отличный от водорастворимого полимера;

iii) по меньшей мере 10% по массе масла, и

при этом указанная суспензия характеризуется вязкостью по Брукфильду от 500 до 20000 спз при температуре 20°C, и

при этом указанная суспензия характеризуется плотностью от 0,6 до 1,4 кг·л⁻¹.

Вязкость по Брукфильду измеряют с применением вискозиметра Брукфильда, на котором установлен шпindel LV, где шпindel может вращаться со скоростью, например, 30 оборотов в минуту, причем измерение преимущественно проводят при 20°C. Плотность измеряют при 20°C, под давлением 1 атм., т.е. 101325 Па.

Если водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению находится в виде твердого вещества, его можно частично или полностью растворять в воде с применением устройства для получения (со)полимера, такого как устройство нарезания полимера (PSU), раскрытое в документе EP 2203245.

Согласно другому конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению добавляют в суспензию в комбинации с по меньшей мере одним другим синтетическим или природным полимером. Эти полимеры можно добавлять по отдельности или одновременно (до или после добавления водорастворимого (со)полимера согласно настоящему изобретению). Другой полимер может являться водорастворимым или набухающим в воде. Он может представлять собой диспергирующее средство, коагулянт или флокулянт.

Согласно другому конкретному варианту осуществления водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению добавляют к суспензии в комбинации с солью, такой как соли кальция и/или магния. Водорастворимый (со)полимер согласно настоящему изобретению и соль можно добавлять одновременно или по отдельности. Соли могут являться неорганическими или органическими. Подходящие соли включают хлорид кальция, ацетат кальция, сульфат кальция, нитрат кальция, гидроксид кальция, карбонат кальция, хлорид магния, ацетат магния, сульфат магния, нитрат магния, гидроксид магния, карбонат магния, формиат кальция, глюконат кальция, пропионат кальция, фосфат трикальция и сукцинат кальция.

Согласно настоящему изобретению количество (пропорция) добавленного водорастворимого (со)полимера составляет от 50 до 5000 г на метрическую тонну сухих твердых веществ суспензии, предпочтительно от 250 до 2000 г/т и более предпочтительно от 500 до 1500 г/т, в зависимости от природы и состава суспензий, подлежащих обработке.

Согласно настоящему изобретению способ с применением (со)полимера, описанный в настоящем изобретении, обеспечивает эффективную обработку суспензии твердых частиц и более конкретно минеральных частиц.

Суспензии твердых частиц в воде включают все типы шлама, остатков и отходов. В частности, суспензии получают при извлечении руды, и они находятся в виде суспензий минеральных частиц. Они могут, например, соответствовать шламу или промышленным остаткам и всем продуктам от промывки и отходам горнодобывающих предприятий, образующихся при добыче полезных ископаемых, таких как, например, угольные шахты, алмазные шахты, фосфатные шахты, металлические рудники (алюминий, платина, железо, золото, медь, серебро и т.д.). Суспензии могут также образовываться из извлечения битумного песка, например шлама или остатков экстракции, полученных при обработке битумного песка. Эти суспензии обычно содержат органические и/или минеральные частицы, такие как, например, глины, осадочные отложения, песок, оксиды металлов, нефть и т.д., смешанные с водой.

В общем, суспензии твердых частиц концентрируют, и они содержат от 5 до 60% по весу твердых веществ, предпочтительно от 20 до 50% по весу твердых веществ в пересчете на общий вес указанных суспензий.

Способ согласно настоящему изобретению также может быть пригоден для обработки остатков от извлечения битумного песка: остатки, известные как "мелкодисперсная фракция" или "мелкие хвосты", т.е. содержащие большое количество глин, и для обработки мелких остатков, известных как отстоявшиеся мелкие хвосты (MFT), т.е. те же самые остатки через несколько лет осаждения, и которые содержат еще большее количество глин. Способ согласно настоящему изобретению можно также использовать для обработки остатков, известных как "неотстоявшиеся", т.е. поступающие сразу из операции разделения битума и почвы, из которой его извлекают.

Следующие примеры представлены только в качестве иллюстрации объекта настоящего изобретения, не ограничивая его каким-либо образом.

Примеры

Водорастворимые полимеры с различным мономерным составом получали посредством проведения реакций в 1,5 л реакторе, оборудованном механической мешалкой, термометром и подачей азота. Мономеры вводили в реактор в присутствии дистиллированной воды. Для полной нейтрализации 100% кислотных мономеров (ATBS) добавляли подходящее количество каустической соды. Общая концентрация мономеров в реакционной смеси составляла 25% по весу.

Применяли два типа порошка ATBS (2-акриламида-2-метилпропан), один в гидратированной кри-

сталлической форме согласно настоящему изобретению; другой не в гидратированной кристаллической форме, а напротив в безводной кристаллической игольчатой форме.

Смесь, полученную таким образом, затем гомогенизировали, затем охлаждали и дегазировали с применением потока азота. Полимеризацию затем инициировали с применением окислительно-восстановительной системы гипофосфита натрия и трет-бутилгидропероксида. Гель, полученный после полимеризации, затем измельчали и высушивали в сушильной печи с получением порошка.

Все различные полученные полимеры представляли собой водорастворимые полимеры с высокими значениями молекулярной массы от 10 до 12 миллионов г/моль.

Полимер А (контрпример) представляет собой сополимер акриламида (70 мол.%) и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной некристаллической форме (30 мол.%).

Полимер В (пример согласно настоящему изобретению) представляет собой сополимер акриламида (70 мол.%) и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной кристаллической форме согласно настоящему изобретению (30 мол.%).

Полимеры А и В растворяли в водопроводной воде с получением водных растворов с концентрацией 0,4% по весу полимера в пересчете на общий вес раствора. Два раствора механически перемешивали при 500 об./мин, до полного растворения полимеров и образования прозрачных и однородных растворов.

Ряд тестов на флокуляцию проводили в отношении отходов шахт из угольных шахт с содержанием твердых веществ 19,6% по весу.

Количество каждого раствора, соответствующее пропорции полимера 280 г полимера на тонну сухого вещества отходов шахт, добавляли в 200 г отходов шахт, затем вручную осуществляли полное смешивание, пока не наблюдали флокуляцию и оптимальное высвобождение воды.

Результат выражен посредством NWR (общее количество высвобожденной воды), что соответствует всему количеству воды, собранному через 1 ч после теста на флокуляцию, минус количество воды, чрезмерно добавленной при включении водного раствора полимера в суспензию. Такое же NWR рассчитывают через 24 ч, это делает возможным получение хорошего обзора максимального высвобождения воды.

NWR с полимером А составляло 68 мл по сравнению с 84 мл с полимером В. NWR через 24 ч с полимером А составляло 72 мл по сравнению с 89 мл с полимером В. Вода, высвободившаяся при флокуляции с полимером В, была прозрачнее, чем вода, высвободившаяся при флокуляции с полимером А.

Результаты этого эксперимента ясно показывают, что применение 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной кристаллической форме согласно настоящему изобретению делает возможным получение более эффективного полимера для флокуляции отходов шахт из угольных шахт.

Другой ряд тестов проводили в отношении красного шлама из процесса Байера с содержанием твердых веществ 24,5% по весу.

Полимер С (контрпример) представляет собой сополимер акриламида (35 мол.%) и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной некристаллической форме (65 мол.%).

Полимер D (пример согласно настоящему изобретению) представляет собой сополимер акриламида (35 мол.%) и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной кристаллической форме согласно настоящему изобретению (65 мол.%).

Применяли такой же протокол тестирования, как использовали для отходов из угольных шахт, с той разницей, что количество добавленного в данном случае полимера составляло 740 г полимера на метрическую тонну сухих твердых веществ красного шлама.

NWR с полимером С составляло 42 мл по сравнению с 53 мл с полимером D. NWR через 24 ч с полимером С составляло 45 мл по сравнению с 59 мл с полимером D. Вода, высвободившаяся при флокуляции с полимером D, была прозрачнее, чем вода, высвободившаяся при флокуляции с полимером С.

Результаты этого эксперимента ясно показывают, что применение 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты в гидратированной кристаллической форме согласно настоящему изобретению делает возможным получение более эффективного полимера для флокуляции красного шлама из процесса Байера.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки суспензии твердых частиц в воде, включающий приведение указанной водной суспензии в контакт с по меньшей мере одним водорастворимым (со)полимером, полученным (со)полимеризацией гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты (ATBS) или по меньшей мере одной из ее солей, или (со)полимеризацией гидратированной кристаллической формы ATBS или по меньшей мере одной из ее солей и по меньшей мере одного неионогенного мономера и/или по меньшей мере одного анионного мономера,

при этом гидратированная кристаллическая форма ATBS характеризуется порошковой рентгеновской дифрактограммой, содержащей пики при значениях угла 2-тета, составляющих 10,58°, 11,2°, 12,65°, 13,66°, 16,28°, 18,45°, 20°, 20,4°, 22,5°, 25,5°, 25,88°, 26,47°, 28,52°, 30,28°, 30,8°, 34,09°, 38,19°, 40,69°,

41,82°, 43,74°, 46,04°.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что АТБС в гидратированной кристаллической форме частично или полностью превращена в соль перед (со)полимеризацией.

3. Способ по любому из пп.1-2, отличающийся тем, что по меньшей мере один неионогенный мономер выбран из группы, включающей акриламид, метакриламид, N-изопропилакриламид, N,N-диметилакриламид, N,N-диэтилакриламид и N-метилолакриламид, N-винилформамид, N-винилацетамид, N-винилпиридин, N-винилпирролидон, N-винилимидазол, N-винилсукцинимид, акрилоилморфолин (АСМО), акрилоилхлорид, глицидилметакрилат, глицерилметакрилат, диацетонакриламид и изопренол.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что водорастворимый сополимер получен сополимеризацией 1-99,9 мол.% неионогенного(ых) мономера(ов) в пересчете на общее количество мономеров и содержит от 0,1 до 99 мол.% АТБС, при этом 50-100% АТБС находится в гидратированной кристаллической форме, или представляет собой терполимер неионогенного мономера, акриловой кислоты и АТБС, при этом 50-100% АТБС находится в гидратированной кристаллической форме, и/или ее солей.

5. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что анионный мономер выбран из акриловой кислоты, метакриловой кислоты, итаконовой кислоты, кротоновой кислоты, малеиновой кислоты, фумаровой кислоты, акриламидоундекановой кислоты, 3-акриламидо-3-метилбутановой кислоты, малеинового ангидрида, винилсульфоновой кислоты, винилфосфоновой кислоты, аллилсульфоновой кислоты, металлилсульфоновой кислоты, 2-метиленпропан-1,3-дисульфоновой кислоты, 2-сульфоэтилметакрилата, сульфопропилметакрилата, сульфопропилакрилата, аллилфосфоновой кислоты, стиролсульфоновой кислоты, 2-акриламидо-2-метилпропандисульфоновой кислоты; и водорастворимых солей данных мономеров, таких как их соли щелочного металла, щелочноземельного металла или аммония.

6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что водорастворимый сополимер представляет собой анионный сополимер на основе акриламида и АТБС, при этом 50-100% АТБС находится в гидратированной кристаллической форме и/или в форме ее солей, или терполимер акриламида, акриловой кислоты и АТБС, при этом 50-100% АТБС находится в гидратированной кристаллической форме и/или в форме ее солей.

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что водорастворимый (со)полимер получен из анионных мономеров в количестве от 5 до 70 мол.%.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что водорастворимый (со)полимер характеризуется средневесовой молекулярной массой от 0,5 до 40 миллионов г/моль.

9. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что количество водорастворимого (со)полимера, добавленного в водную суспензию, составляет от 50 до 5000 г на метрическую тонну сухих твердых веществ в суспензии.

10. Способ по любому из пп.1-9, отличающийся тем, что водная суспензия твердых частиц образуется при извлечении руды и состоит из суспензии минеральных частиц.

11. Способ по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что суспензия твердых частиц содержит от 5 до 60% по весу твердых веществ.

12. Способ по любому из пп.1-11, отличающийся тем, что водную суспензию транспортируют посредством трубопровода в зону хранения, и при этом водорастворимый (со)полимер добавляют в указанном трубопроводе.

13. Способ флокуляции суспензии твердых частиц в воде, включающий приведение указанной суспензии в контакт с по меньшей мере одним водорастворимым (со)полимером, полученным из гидратированной кристаллической формы 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты (АТБС) или по меньшей мере одной из ее солей, или (со)полимеризацией гидратированной кристаллической формы АТБС или по меньшей мере одной из ее солей и по меньшей мере одного неионогенного мономера, и/или по меньшей мере одного анионного мономера,

при этом гидратированная кристаллическая форма АТБС характеризуется порошковой рентгеновской дифрактограммой, содержащей пики при значениях угла 2-тета, составляющих 10,58°, 11,2°, 12,65°, 13,66°, 16,28°, 18,45°, 20°, 20,4°, 22,5°, 25,5°, 25,88°, 26,47°, 28,52°, 30,28°, 30,8°, 34,09°, 38,19°, 40,69°, 41,82°, 43,74°, 46,04°.

