

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044386**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2023.08.23**

**(21)** Номер заявки  
**202092160**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2019.03.12**

**(51)** Int. Cl. **B08B 9/08** (2006.01)  
**C01B 25/00** (2006.01)  
**C01B 25/18** (2006.01)  
**C01B 25/20** (2006.01)  
**C02F 5/00** (2006.01)  
**C02F 5/08** (2006.01)

---

**(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ  
ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ**

---

**(31)** 15/918,079

**(32)** 2018.03.12

**(33)** US

**(43)** 2021.02.04

**(86)** PCT/US2019/021879

**(87)** WO 2019/178118 2019.09.19

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**СОЛЕНИС ТЕКНОЛОДЖИЗ  
КЕЙМЭН, Л.П. (СН)**

**(56)** US-A-4393032  
US-A-6162391  
US-B2-6620328  
CN-A-101758048  
CA-A-1087061

**(72)** Изобретатель:  
**Бакеев Кирилл Н., Димайо Эндрю М.,  
Шепард Энтони М. (US)**

**(74)** Представитель:  
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,  
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов  
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,  
Кузнецова Т.В. (RU)**

---

**(57)** В изобретении описан способ уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты. Фосфатсодержащую руду объединяют с кислотой и получают кислую суспензию, и кислую суспензию обрабатывают и получают кислый поток. Способ включает получение ингибитора образования отложений, содержащего неорганический фосфат. Способ дополнительно включает объединение ингибитора образования отложений по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, для уменьшения образования отложений. В изобретении также описана система для получения фосфорной кислоты, обладающая уменьшенным образованием отложений. Система включает подложку, содержащую поверхность, находящуюся в соприкосновении по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия, полученная из фосфатсодержащей руды и кислоты, или кислый поток, полученный из кислой суспензии. Система, включающая ингибитор образования отложений, характеризуется уменьшенным образованием отложений на поверхности.

---

**044386**  
**B1**

**044386**  
**B1**

### **Перекрестная ссылка на родственные заявки**

По настоящей заявке испрашивается приоритет по заявке U.S. № 15/918079, поданной 12 марта 2018 г., полное содержание которой включено в настоящее изобретение в качестве ссылки.

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение в целом относится к системам и способам, предназначенным для уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты, и, точнее, настоящее изобретение относится к системам и способам, в которых для уменьшения образования отложений применяют ингибитор образования отложений.

### **Уровень техники**

Обработку руды разных типов и других материалов можно проводить в кислой среде и получить искомым продукт. При получении фосфорной кислоты мокрым способом неочищенную руду, которая уже была первоначально обработана путем промывки, обезыливания, флотации, размола или их комбинации, варят в кислой среде. После завершения варки полученную суспензию фильтруют, затем поток кислоты выпаривают. Затем проводят осветление и получают искомым продукт.

Получение фосфорной кислоты мокрым способом обычно осуществляют в жестких условиях, таких как высокая температура, высокие концентрации фосфорной кислоты и высокие содержания многовалентных ионов, таких как ионы Fe, Al и другие. В результате использования этих жестких условий во время обработки руд и других материалов могут образовываться отложения. Образование отложений происходит главным образом в варочных котлах, испарителях и связанном с ними оборудовании. Некоторое количество отложений образуется также на других рабочих поверхностях, таких как системы фильтрования. Особое затруднение вызывает образование отложений на поверхностях теплообменника. Некоторые попытки преодолеть это затруднение были направлены на изменение конструкции оборудования, однако даже с помощью обладающего наилучшей конструкцией оборудования невозможно предотвратить образование отложений. Кроме того, использование кислой и обладающей высоким содержанием многовалентных катионов среды обычно приводит к неэффективности обычных ингибитором образования отложений.

Основным побочным продуктом, образующимся при варке фосфатной руды, является сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) и его гидратированные модификации. Эти основные побочные продукты обычно являются основным источником образования отложений. Существуют разные кристаллографические формы сульфата кальция, вызывающие образование отложений. Образование этих форм, дигидрата сульфата кальция или гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), полугидрата сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) и ангидрита сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4$ ), зависит от температуры и времени пребывания при проведении способа. Это фазовое превращение форм усложняет ингибирование их образования. Дополнительные компоненты этих отложений могут включать фторсиликаты, сульфат бария, фторид кальция или другие материалы, это зависит от состава технологического потока и конкретных условий проведения способа.

Получение фосфорной кислоты мокрым способом обычно включает варку содержащей фосфатную руду суспензии с серной кислотой. Полученную фосфорную кислоту отделяют от осевших сульфата кальция и других твердых примесей путем фильтрования. Затем раствор фосфорной кислоты концентрируют путем проведения нескольких стадий выпаривания и осветления и получают готовую фосфорную кислоту (50-80% фосфорная кислота). Хотя более значительную часть сульфата кальция и других примесей удаляют во время проведения стадии фильтрования, существенное количество остается растворенным в технологическом потоке после фильтрования. Поскольку фосфорную кислоту концентрируют с использованием испарительного контура (контуров), разные формы сульфата кальция продолжают осаждаться из раствора, что приводит к образованию отложений на обладающих высокой температурой поверхностях вследствие низкой растворимости отложений и высокой температуры, при которой проводят способ. Эти и другие отложения оказывают неблагоприятное воздействие на перенос тепла к технологическому потоку, а также ограничивают поток жидкости. Поэтому отложения необходимо удалять путем периодического проведения очистки. Таким образом, образование отложений вызывает существенное уменьшение эффективности способа и приводит к дополнительным расходам.

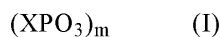
Так, например, образование отложений при получении фосфорной кислоты в жестких условиях (например, при температуре, равной  $60^\circ\text{C}$  и выше, концентрации фосфорной кислоты  $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ , равной 42% и более, и содержанием ионов Fe и Al, составляющим вплоть до 8000 ч./млн) может привести к существенным продолжительности простоя оборудования и производственным потерям, связанным с частым проведением процедур очистки линий и удаления с них отложений, включая ленточные фильтры, теплообменники и испарители.

Соответственно, необходимо разработать системы и способы, предназначенные для уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты. Кроме того, другие необходимые особенности и характеристики станут понятны из последующего краткого изложения сущности изобретения и подробного описания изобретения, и прилагаемой формулы изобретения, рассмотренными вместе с прилагаемыми чертежами и приведенными выше описаниями области техники, к которой относится изобретение, и уровня техники.

### Краткое изложение сущности изобретения

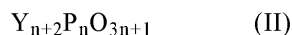
В настоящем изобретении раскрыты различные неограничивающие варианты осуществления ингибитора образования отложений, предназначенного для уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты, и различные неограничивающие варианты осуществления предназначенных для этого систем и способов.

Неограничивающим вариантом осуществления настоящего изобретения является способ уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты. Фосфатсодержащую руду объединяют с кислотой и получают кислую суспензию и кислую суспензию обрабатывают и получают кислый поток. Способ включает, но не ограничивается только им, получение ингибитора образования отложений. Ингибитор образования отложений может содержать, но не ограничиваться только им, неорганический фосфат формулы (I)



в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации и m обозначает целое число, равное не менее 6.

Ингибитор образования отложений может содержать, но не ограничиваться только им, неорганический фосфат формулы (II)



в которой Y обозначает Na, K, H или их комбинации и n обозначает целое число, равное не менее 6.

Ингибитор образования отложений может содержать и неорганический фосфат формулы (I), и неорганический фосфат формулы (II). Способ дополнительно включает, но не ограничивается только им, объединение ингибитора образования отложений по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, для уменьшения образования отложений.

Другим неограничивающим вариантом осуществления настоящего изобретения является система для получения фосфорной кислоты, обладающая уменьшенным образованием отложений. Система включает, но не ограничивается только ими, подложку, содержащую поверхность, находящуюся в соприкосновении по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия, полученная из фосфатсодержащей руды и кислоты, или кислый поток, полученный из кислой суспензии. Система дополнительно включает, но не ограничивается только им, ингибитор образования отложений. Система, включающая ингибитор образования отложений, характеризуется уменьшенным образованием отложений на поверхности по сравнению с образованием отложений в системе, не содержащей ингибитор образования отложений.

### Краткое описание чертежей

Другие преимущества настоящего изобретения будет легче оценить, когда они будут лучше поняты из приведенного ниже подробного описания, рассмотренного вместе с прилагаемыми чертежами, на которых представлено следующее:

на фиг. 1 представлена блок-схема, иллюстрирующая неограничивающий вариант осуществления системы, предназначенной для получения фосфорной кислоты, обладающей уменьшенным образованием отложений;

на фиг. 2 представлена диаграмма, иллюстрирующая экспериментальные результаты, полученные с помощью системы, соответствующей неограничивающему варианту осуществления, представленному на фиг. 1;

на фиг. 3 представлена диаграмма, иллюстрирующая дополнительные экспериментальные результаты, полученные с помощью системы, соответствующей неограничивающему варианту осуществления, представленному на фиг. 1;

на фиг. 4 представлена диаграмма, иллюстрирующая дополнительные экспериментальные результаты, полученные с помощью системы, соответствующей неограничивающему варианту осуществления, представленному на фиг. 1;

на фиг. 5 представлена диаграмма, иллюстрирующая дополнительные экспериментальные результаты, полученные с помощью системы, соответствующей неограничивающему варианту осуществления, представленному на фиг. 1; и

на фиг. 6 представлена диаграмма, иллюстрирующая дополнительные экспериментальные результаты, полученные с помощью системы, соответствующей неограничивающему варианту осуществления, представленному на фиг. 1.

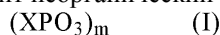
### Подробное описание изобретения

Приведенное ниже подробное описание по существу является лишь иллюстративным и не предназначено для ограничения систем и способов, описанных в настоящем изобретении. Кроме того, не следует ограничиваться никакими теоретическими соображениями, приведенными в предшествующем уровне техники или последующем подробном описании.

Настоящее изобретение относится к ингибитору образования отложений, предназначенному для уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты. Отложения могут включать сульфат кальция и его кристаллографические формы, включая дигидрат сульфата кальция или гипс ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), полугидрат сульфата кальция ( $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ ) и ангидрит сульфата кальция ( $CaSO_4$ ).

Однако следует понимать, что с помощью ингибитора образования отложений можно уменьшить образование отложений, возникающих вследствие наличия других соединений. Компоненты отложений также могут включать  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{NaKSiF}_6$ ,  $\text{MgAlF}_5$ , находящиеся в различных гидратированных формах, и другие виды солей, образующиеся вследствие кислотной варки фосфатной породы, содержащей разные примеси. Отложения могут представлять собой побочный продукт, образующийся во время обработки фосфатсодержащей руды, проводимой для получения фосфорной кислоты.

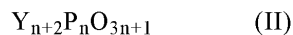
Ингибитор образования отложений содержит неорганический фосфат. В вариантах осуществления ингибитор образования отложений содержит неорганический фосфат формулы (I)



в которой X обозначает Na, K, H или их комбинации и m обозначает целое число, равное не менее 6.

В некоторых вариантах осуществления X обозначает Na. В формуле (I) целое число m может обладать значением, равным не менее 7, альтернативно, не менее 8, альтернативно, не менее 9, альтернативно, не менее 10, альтернативно, не менее 11 или, альтернативно, не менее 12. В формуле (I) целое число m может обладать значением, равным от 6 до 30, альтернативно, от 6 до 20 или, альтернативно, от 6 до 10. Неограничивающие примеры подходящих неорганических фосфатов формулы (I) включают гексаметафосфат натрия ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub>, гептаметафосфат натрия ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>7</sub>, октаметафосфат натрия ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>8</sub>, нонаметафосфат натрия ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>9</sub> и декаметафосфат натрия ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>10</sub>. В некоторых вариантах осуществления неорганический фосфат формулы (I) включает гексаметафосфат натрия ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> ("ГМФН"), где в формуле (I) m обозначает целое число, равное 6. В данной области техники ГМФН обычно может называться "обладающим обычной длиной цепи" ГМФН.

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений содержит неорганический фосфат формулы (II)



в которой Y обозначает Na, K, H или их комбинации и n обозначает целое число, равное не менее 6.

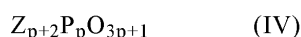
В некоторых вариантах осуществления Y обозначает Na. В формуле (II) целое число n может обладать значением, равным не менее 7, альтернативно, не менее 8, альтернативно, не менее 9, альтернативно, не менее 10, альтернативно, не менее 11, альтернативно, не менее 12 или, альтернативно, не менее 21. В формуле (II) целое число n формулы может обладать значением, равным от 6 до 30, альтернативно, от 8 до 30 или, альтернативно, от 10 до 30. Неограничивающие примеры подходящих неорганических фосфатов формулы (II) включают поли(фосфаты), такие как гексафосфат натрия ( $\text{Na}_8\text{P}_6\text{O}_{19}$ ), гептафосфат натрия ( $\text{Na}_9\text{P}_7\text{O}_{22}$ ), октафосфат натрия ( $\text{Na}_{10}\text{P}_8\text{O}_{25}$ ), нонафосфат натрия ( $\text{Na}_{11}\text{P}_9\text{O}_{28}$ ), декафосфат натрия ( $\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$ ), гендекафосфат натрия ( $\text{Na}_{13}\text{P}_{11}\text{O}_{34}$ ) и додекафосфат натрия ( $\text{Na}_{14}\text{P}_{12}\text{O}_{37}$ ) и геникозафосфат натрия ( $\text{Na}_{23}\text{P}_{21}\text{O}_{64}$ ). В некоторых вариантах осуществления неорганический фосфат формулы (II) включает додекафосфат натрия, где в формуле (II) n обозначает целое число, равное 12. В различных вариантах осуществления неорганический фосфат формулы (II) включает поли(фосфаты), такие как геникозафосфат натрия, где в формуле (II) n обозначает целое число, равное 21. В данной области техники додекафосфат натрия или геникозафосфат натрия обычно могут называться "обладающим длинной цепью" ГМФН. Следует понимать, что обычное использование термина "обладающий длинной цепью" ГМФН в отношении додекафосфата натрия или геникозафосфата натрия не означает точную химическую структуру додекафосфата натрия или геникозафосфата натрия и может означать любой "обладающий длинной цепью" ГМФН, обладающий длиной цепи, равной не менее 12. Примеры подходящего "обладающего длинной цепью" ГМФН включают "обладающий длинной цепью" ГМФН, обладающий средней длиной цепи, равной 13, и среднечисловой молекулярной массой, равной 1390, и "обладающий длинной цепью" ГМФН, обладающий средней длиной цепи, равной 21, и среднечисловой молекулярной массой, равной 2200. Кроме того, следует понимать, что длина цепи неорганического фосфата может означать среднюю длину цепи и, таким образом, может не отображать все соединения, включенные в обозначение. Так, например, тогда как додекафосфат натрия ( $\text{Na}_{14}\text{P}_{12}\text{O}_{37}$ ) обладает длиной цепи, равной 12, композиция, представленная додекафосфатом натрия ( $\text{Na}_{14}\text{P}_{12}\text{O}_{37}$ ), может включать другие неорганические фосфаты, которые не обладают длиной цепи, равной 12, при условии, что средняя длина цепи композиции равна 12.

Ингибитор образования отложений также может содержать и неорганический фосфат формулы (I), и неорганический фосфат формулы (II).

В различных вариантах осуществления увеличение длины цепи неорганических фосфатов формулы (I) и формулы (II) (т.е. увеличение значения m и n) обеспечивает увеличение сродства связывания неорганических фосфатов с сульфатом кальция, уменьшая таким образом образование отложений. В отличие от этого, неорганические фосфаты, обладающие длиной цепи, равной менее 6 (т.е. значение m и n равно менее 6), обеспечивают менее значительное уменьшение образования отложений при их использовании в качестве ингибитора образования отложений при отсутствии неорганических фосфатов формулы (I) и формулы (II). Неорганические фосфаты, обладающие длиной цепи, равной не менее 6, являются подходящими для связывания с отложениями-микросталлов, ингибируя таким образом образование и осаждение отложений при получении фосфорной кислоты мокрыми способами. Если не ограничиваться теоретическими соображениями, то можно предположить, что неорганические фосфаты, содержащие не менее 6 повторяющихся звеньев, являются эффективными благодаря гетерогенной природе неорганиче-

ских фосфатов.

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений дополнительно содержит дополнительный неорганический фосфат формул (III) или (IV)



в которых Z обозначает Na, K, H или их комбинации, o и p все независимо обозначают целые числа, обладающие значениями, равными более 4.

В формуле (III) целое число o может обладать значением, равным 3 или 4. В формуле (IV) целое число p может обладать значением, равным от 2 до 4. В некоторых вариантах осуществления дополнительный неорганический фосфат включает тетранатрийпирофосфат ( $Na_4P_2O_7$ ) ("ТНПФ"), трифосфат натрия ( $Na_3P_3O_{10}$ ) ("ТФФН"), триметафосфат натрия ( $NaPO_3$ )<sub>3</sub> ("ТМФН") или их комбинации.

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений дополнительно содержит органический фосфонат. Органический фосфонат может включать 2-фосфобутан-1,2,4-трикарбоновую кислоту ("ФБТК"), 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновую кислоту ("ГЭДФ"), бис(фосфометил)амино-трис(метиленфосфоновую кислоту) ("АТМФ"), бис(гексаметиленстриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)) ("БГМТПМФК"), гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту) ("ГМДТМФК"), диэтилентриаминпентаметиленфосфоновую кислоту ("ДЭТПМФК") или их комбинации.

В некоторых вариантах осуществления органический фосфонат включает 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновую кислоту ("ГЭДФ"), бис(гексаметиленстриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)) ("БГМТПМФК"), гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту) ("ГМДТМФК"), диэтилентриаминпентаметиленфосфоновую кислоту ("ДЭТПМФК") или их комбинации. В дополнение к неорганическому фосфату формулы (I) или формулы (II) ингибитор образования отложений может содержать дополнительный неорганический фосфат формулы (III), дополнительный неорганический фосфат формулы (IV), органический фосфонат или их комбинации.

Использование ингибитора образования отложений, содержащего комбинацию компонента (A), ниже в настоящем изобретении называемого неорганическим фосфатом формул (I) или (II), и компонента (B), ниже в настоящем изобретении называемого дополнительным неорганическим фосфатом формул (III) или (IV), или органическим фосфонатом, может обеспечить улучшенное уменьшение образования отложений по сравнению со случаем использования ингибитора образования отложений, содержащего только компонент (A) или компонент (B). Неограничивающие примеры подходящих ингибиторов образования отложений, содержащих комбинации компонента (A) и компонента (B), включают геникозафосфат натрия и ДЭТПМФК; геникозафосфат натрия и БГМТПМФК; геникозафосфат натрия и ГМДТМФК; геникозафосфат натрия и ТНПФ; и геникозафосфат натрия и ГЭДФ. Ингибитор образования отложений может содержать компонент (A) и компонент (B) при массовом отношении, составляющем примерно от 1:99 до 99:1, альтернативно, примерно от 15:85 до 85:15, альтернативно, примерно от 10:90 до 90:10 или, альтернативно, примерно от 20:80 до 80:20.

В некоторых вариантах осуществления дополнительный неорганический фосфат формулы (III) или (IV), или органический фосфонат объединяют по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, после объединения неорганического фосфата формул (I) или (II) с дополнительным неорганическим фосфатом формулы (III) или (IV), или органическим фосфонатом. Так, например, компонент (A) и компонент (B) можно сначала объединить друг с другом и затем объединить по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток.

В других вариантах осуществления дополнительный неорганический фосфат формулы (III) или (IV), или органический фосфонат объединяют по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, после объединения неорганического фосфата формул (I) или (II) по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток. Так, например, компонент (A) можно сначала объединить по меньшей мере с одним из следующих:

фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, и затем компонент (B) можно объединить по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток.

В других вариантах осуществления дополнительный неорганический фосфат формулы (III) или (IV), или органический фосфонат объединяют по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, до объединения неорганического фосфата формул (I) или (II) по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток. Так, например, компонент (B) можно сначала объединить по меньшей мере с одним из следующих:

фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, и затем компонент (A) можно объединить по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток.

Следует понимать, что каждый компонент (A) и компонент (B) можно независимо объединить по

меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия или кислый поток, путем проводимого один раз добавления или путем проводимых несколько раз добавлений. Кроме того, следует понимать, что каждый компонент (А) и компонент (В) можно независимо добавлять в одном и том же положении при проведении способа или в разных положениях при проведении способа.

Настоящее изобретение также относится к системам и способам, предназначенным для уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты. Общая блок-схема получения фосфорной кислоты из фосфатсодержащей руды представлена на фиг. 1. Система 10 включает подложку 12, содержащую поверхность 14, находящуюся в соприкосновении по меньшей мере с одним из следующих: фосфатсодержащая руда, кислая суспензия, полученная из фосфатсодержащей руды и кислоты, или кислый поток, полученный из кислой суспензии. Система 10 дополнительно включает ингибитор образования отложений. Система 10, включающая ингибитор образования отложений, характеризуется уменьшенным образованием отложений на поверхности 14 по сравнению с образованием отложений в системе 10, не содержащей ингибитора образования отложений.

Сначала ингибитор образования отложений, описанный выше, можно ввести в систему 10 или его можно объединить с фосфатсодержащей рудой, или с полученным из нее продуктом (например, кислой суспензией или кислым потоком) на любой стадии, изображенной на блок-схеме, представленной на фиг. 1. Следует понимать, что при получении фосфорной кислоты можно использовать другие стадии, известные в данной области техники, и ингибитор образования отложений, описанный выше, можно ввести в систему 10 на любой из этих других стадий. Источником фосфатсодержащей руды может являться рудник 16. Затем фосфатсодержащую руду можно промыть с использованием промывочной установки 18. После промывки фосфатсодержащую руду можно измельчить с использованием шаровой мельницы 20. Следует понимать, что можно использовать другие методики измельчения, известные в данной области техники.

Фосфатсодержащую руду можно объединить с кислотой и получить кислую суспензию. В некоторых вариантах осуществления кислота включает серную кислоту. Однако следует понимать, что для получения фосфорной кислоты можно использовать другие кислоты, известные в данной области техники. В вариантах осуществления система 10 может включать варочный котел 22 и фосфатсодержащую руду можно объединить с кислотой в варочном котле 22 и получить кислую суспензию. Кислоту можно добавить в варочный котел из источника кислоты 24. Кроме того, ингибитор образования отложений и кислую суспензию можно объединить в варочном котле 22. Альтернативно или дополнительно, ингибитор образования отложений и кислую суспензию можно объединить после варочного котла 22 (т.е. ниже по потоку). Добавление кислоты в варочный котел 22 приводит к увеличению концентрации кислоты в кислой суспензии. Кислая суспензия может обладать концентрацией кислоты, равной более примерно 10%, альтернативно, более 20%, альтернативно, более примерно 25%, альтернативно, более примерно 30% или, альтернативно, более примерно 42%. Кислая суспензия может обладать концентрацией кислоты, равной от примерно 10 до примерно 60%, альтернативно, от примерно 20 до примерно 50% или, альтернативно, от примерно 20 до примерно 40%. Кислая суспензия может обладать температурой, равной не ниже примерно 30°C, альтернативно, не ниже примерно 50°C или, альтернативно, не ниже примерно 65°C. Кислая суспензия может обладать температурой, равной от примерно 30 до примерно 150°C, альтернативно, от примерно 50 до примерно 90°C или, альтернативно, от примерно 60 до примерно 100°C.

Кислую суспензию можно обработать и получить кислый поток. В вариантах осуществления кислую суспензию обрабатывают с использованием фильтра 26, такого как фильтр для кислоты, и получают кислый поток. Кроме того, ингибитор образования отложений можно объединить с кислым потоком после фильтра 26. После фильтра 26 кислый поток может обладать концентрацией кислоты, равной более примерно 10%, альтернативно, более примерно 20%, альтернативно, более примерно 25%, альтернативно, более примерно 40%, альтернативно, более примерно 42%. После фильтра 26 кислый поток может обладать концентрацией кислоты, равной от примерно 10 до примерно 60%, альтернативно, от примерно 20 до примерно 50% или, альтернативно, от примерно 20 до примерно 30%. После фильтра 26 кислый поток может обладать температурой, равной не ниже примерно 30°C, альтернативно, не ниже примерно 50°C или, альтернативно, не ниже примерно 65°C. После фильтра 26 кислый поток может обладать температурой, равной от примерно 30 до примерно 150°C, альтернативно, от примерно 50 до примерно 100°C или, альтернативно, от примерно 60 до примерно 90°C.

Кислый поток можно дополнительно обработать с использованием испарителя 28. Кроме того, ингибитор образования отложений можно объединить с кислым потоком после фильтра 26 и до испарителя 28. Если не ограничиваться теоретическими соображениями, то можно предположить, что хотя образование отложений может влиять на разные компоненты системы 10, уменьшение образования отложений в испарителе 28 может улучшить рабочие характеристики системы 10 путем уменьшения продолжительности простоя системы 10 вследствие технического обслуживания испарителя 28. Поэтому в некоторых вариантах осуществления для уменьшения образования отложений в испарителе 28 ингибитор образования отложений объединяют с кислой суспензией в варочном котле 22 или после него, объединяют с кислым потоком после фильтра 26 и до испарителя 28, или используют обе процедуры.

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений используют в кислой суспензии в количестве, составляющем от примерно 0,1 до примерно 1000, альтернативно, от примерно 1 до пример-

но 500 или, альтернативно, примерно от 10 до 300, частей на миллион (ч./млн) в пересчете на полную массу кислой жидкой фазы, содержащейся в кислой суспензии. В вариантах осуществления ингибитор образования отложений используют в кислом потоке в количестве, составляющем от примерно 0,1 до примерно 1000, альтернативно, от примерно 1 до примерно 500 или, альтернативно, примерно от 10 до 300 ч./млн в пересчете на полную массу кислой жидкой фазы, содержащейся в кислом потоке.

В вариантах осуществления ингибитор образования отложений обеспечивает улучшенное ингибирование образования отложений в системе 10 по сравнению образованием отложений в системе, не содержащей ингибитор образования отложений. Исследование ингибирования образования отложений при получении фосфорной кислоты можно провести в лабораториях фирмы Solenis с использованием методик, разработанных фирмой Solenis. Содержащую фосфорную кислоту технологическую жидкость можно моделировать в лаборатории путем приготовления имитирующей жидкости на основании анализа воды, отобранной из технологической жидкости до первого испарителя.

Содержащая фосфорную кислоту имитирующая жидкость может содержать 3500 ч./млн ионов Ca, 25000 ионов  $SO_4$ , от 500 до 2500 ч./млн Fe, от 500 до 2500 ч./млн Al, деионизированную воду и 42-57% фосфорной кислоты. Компоненты жидкости можно приготовить с использованием дигидрата хлорида кальция, выпускающегося фирмой Amresco, сульфата натрия, выпускающегося фирмой VWR, гептагидрата сульфата железа, выпускающегося фирмой Alpha Aesar, октадекагидрата сульфата алюминия, выпускающегося фирмой Acros, и фосфорной кислоты, выпускающейся фирмой Millipore Sigma. Содержащий сульфат раствор можно получить таким образом, что он содержит и ионы железа, и ионы алюминия, тогда как содержащий Ca раствор может содержать только ионы Ca. Все растворы можно хранить до использования отдельно при предельной продолжительности хранения, составляющей 2 дня. Для исследования ингибирования образования отложений можно использовать изготовленные из сплава C22 сосуды, обладающие площадью внутренней поверхности, равной 0,02 м<sup>2</sup>, поскольку сплав C22 обладает улучшенной коррозионной стойкостью в средах, содержащих фосфорную кислоту. Каждый сосуд можно вымыть и высушить перед каждым исследованием с целью обеспечения однородной внутренней поверхности перед проведением ряда исследований. Затем в изготовленный из сплава C22 сосуд с помощью калиброванного дозатора, присоединенного к горловине бутылки, можно добавить 50 мл содержащего Ca раствора и 20-40 мл, в зависимости от необходимой концентрации фосфорной кислоты, деионизированной воды и отставить в сторону. После добавления в сосуд для проведения исследования Ca и воды в сосуд с использованием серологической пипетки добавляют 50 мл содержащего  $SO_4$  раствора, затем 60-80 мл 85% раствора фосфорной кислоты. После добавления к содержащему Ca раствору содержащего  $SO_4$  раствора и фосфорной кислоты в сосуды добавляют ингибитор. Может оказаться критически важным следовать порядку добавления, указанному в приведенной выше методике. После добавления всех компонентов сосуды закрывают тефлоновыми крышками и помещают в сухое устройство для встряхивания IKA KS 4000i и выдерживают при перемешивании при скорости, равной 150 об/мин, при 80°C в течение 6 ч. Через 6 ч тефлоновые крышки можно удалить и содержащую фосфорную кислоту имитирующую технологическую жидкость можно декантировать. Пустые сосуды можно перевернуть и поместить в вентилируемый сушильный шкаф, в котором можно поддерживать температуру, равную 105°C, в течение примерно 16 ч. После сушки сосудов сосуды можно поместить в эксикатор для охлаждения в течение примерно 1 ч. После охлаждения сосудов сосуды можно взвесить и по разнице массы можно определить количество осадившихся отложений.

На основании рассмотрения фиг. 1 следует отметить, что система может дополнительно включать устройство для осветления 30, расположенное после испарителя 28, предназначенное для отделения из кислого потока побочных продуктов, таких как сульфат кальция. В вариантах осуществления ингибитор образования отложений ингибирует осаждение сульфата кальция из кислого потока путем абсорбции отложений-микросталлов, это предотвращает рост и агломерацию отложений и в целом ингибирует образование отложений на рабочих поверхностях. Кислый поток можно подвергнуть дополнительной обработке путем использования дополнительных испарителей 28 и устройств для осветления 30 с целью увеличения концентрации фосфорной кислоты в кислом потоке.

Так, например, система 10 может включать два модуля, содержащие испарители 28 и устройства для осветления 30. После обработки в первом модуле 32, содержащем испарители 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать концентрацией кислоты, равной не менее примерно 25, не менее примерно 35 или не менее примерно 40 мас.% в пересчете на полную массу кислого потока. После обработки в первом модуле 32, содержащем испарители 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать концентрацией кислоты, равной от примерно 30 до примерно 65, альтернативно, от примерно 35 до примерно 60 или, альтернативно, от примерно 40 до примерно 60 мас.% в пересчете на полную массу кислого потока. Во время обработки в первом модуле 32, содержащем испарители 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать температурой, равной не ниже примерно 30°C, альтернативно, не ниже примерно 50°C или, альтернативно, не ниже примерно 80°C. Во время обработки в первом модуле 32, содержащем испарители 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать температурой, равной от примерно 30 до примерно 150°C, альтернативно, от примерно 50 до примерно 100°C или, альтернативно, от примерно 60 до примерно 90°C.

После обработки во втором модуле 34, содержащем испарителя 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать концентрацией кислоты, равной не менее примерно 40, не менее примерно 45 или не менее примерно 50 мас.% в пересчете на полную массу кислого потока. После обработки во втором модуле 34, содержащем испарителя 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать концентрацией кислоты, равной от примерно 40 до примерно 90, альтернативно, от примерно 50 до примерно 80 или, альтернативно, от примерно 50 до примерно 75 мас.% в пересчете на полную массу кислого потока. Во время обработки во втором модуле 34, содержащем испарителя 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать температурой, равной не ниже примерно 60°C, альтернативно, не ниже примерно 75°C или, альтернативно, не ниже примерно 90°C. Во время обработки во втором модуле 34, содержащем испарителя 28 и устройства для осветления 30, кислый поток может обладать температурой, равной от примерно 60°C до примерно 300°C, альтернативно, от примерно 75°C до примерно 250°C или, альтернативно, от примерно 80°C до примерно 210°C.

Система 10 может включать испаритель 36 для получения суперфосфорной кислоты, предназначенный для получения содержащего суперфосфорную кислоту потока, обладающего концентрацией кислоты, равной не менее примерно 45, альтернативно, не менее примерно 50, альтернативно, не менее примерно 60 мас.% в пересчете на полную массу содержащего суперфосфорную кислоту потока. Содержащий суперфосфорную кислоту поток может обладать концентрацией кислоты, равной от примерно 40 до примерно 90, альтернативно, от примерно 50 до примерно 85, альтернативно, от примерно 60 до примерно 80 мас.% в пересчете на полную массу содержащего суперфосфорную кислоту потока. Система 10 может дополнительно включать дополнительные компоненты, такие как бак для выдерживания в горячем виде 38 и фильтр для суперфосфорной кислоты 40.

Хотя в приведенном выше подробном описании представлен по меньшей мере один типичный вариант осуществления, следует понимать, что существует большое количество модификаций. Следует понимать, что типичный вариант осуществления или типичные варианты осуществления являются лишь примерами и они не предназначены для какого-либо ограничения объема, применимости или конфигурации настоящего изобретения. С помощью приведенного выше подробного описания специалистам в данной области техники скорее предоставлена подходящая схема выполнения типичного варианта осуществления настоящего изобретения. Следует понимать, что в функции и расположение элементов, описанных в типичном варианте осуществления, можно внести различные изменения без отклонения от объема настоящего раскрытия, приведенного в прилагаемой формуле изобретения.

#### Примеры

Пример 1. Ингибиторы образования отложений, использовавшиеся при 50 ч./млн/42 мас.% фосфорной кислоты/80°C.

Иллюстративные ингибиторы образования отложений (E1-E12) и сравнительные ингибиторы образования отложений (C1-C7) получали в соответствии с табл. 1. Исследовали способность иллюстративных и сравнительных ингибиторов образования отложений ингибировать отложение гипса в композиции, содержащей 42 мас.% фосфорной кислоты, 500 ч./млн ионов Fe и 500 ч./млн ионов Al, 3500 ч./млн ионов Ca, 20000 ч./млн сульфатов, все значения приведены пересчете на полную массу композиции. Исследования проводили после перемешивания при температуре, равной 80°C, при скорости, равной 150 об/мин, в течение 6 ч. Каждый ингибитор образования отложений использовали в количестве, составляющем 50 ч./млн в пересчете на полную массу композиции. Результаты исследования представлены в приведенной ниже табл. 1 и проиллюстрированы на фиг. 2-5.

Таблица 1

	Фосфат 1 (мас. %)	Фосфат 2 (мас. %)	Фосфат 3 (мас. %)	Фосфат 4 (мас. %)	Фосфонат 1 (мас. %)	Фосфонат 2 (мас. %)	Фосфонат 3 (мас. %)	Фосфонат 4 (мас. %)	Ингибирование образования отложений, %
E1*	100	-	-	-	-	-	-	-	39,16
E2	80	20	-	-	-	-	-	-	60,11
E3	50	50	-	-	-	-	-	-	43,00
E4	20	80	-	-	-	-	-	-	39,57
C1	-	100	-	-	-	-	-	-	24,31
E5*	100	-	-	-	-	-	-	-	39,16
E6	80	-	-	-	20	-	-	-	47,44
E7	50	-	-	-	50	-	-	-	64,74
E8	20	-	-	-	80	-	-	-	59,55
C2	-	-	-	-	100	-	-	-	41,43



E9*	100	-	-	-	-	-	-	-	39,16
E10	80	-	-	-	-	20	-	-	59,23
E11	50	-	-	-	-	50	-	-	58,57
E12	20	-	-	-	-	80	-	-	61,91
C3	-	-	-	-	-	100	-	-	20,21
E13*	100	-	-	-	-	-	-	-	39,16
E14	80	-	-	-	-	-	20	-	62,51
E15	50	-	-	-	-	-	50	-	37,68
E16	20	-	-	-	-	-	80	-	47,32
C4	-	-	-	-	-	-	100	-	43,01
E17*	100	-	-	-	-	-	-	-	39,16
E18	80	-	-	-	-	-	-	20	55,84
E19	50	-	-	-	-	-	-	50	54,11
E20	20	-	-	-	-	-	-	80	59,22
C5	-	-	-	-	-	-	-	100	24,98
C6	-	-	100	-	-	-	-	-	7,43
C7	-	-	-	100	-	-	-	-	2,66

\*E1, E5, E9, E13 и E17 получены в одном и том же эксперименте и они проиллюстрированы и описаны отдельно для удобства сопоставления.

Фосфат 1 представляет собой поли(фосфат) натрия (обладающий длинной цепью ГМФН), который является неорганическим фосфатом формулы (II), в которой n равно 21. Фосфат 1 имеется в продаже.

Фосфат 2 представляет собой тетранатрийпирофосфат (ТНПФ), который является неорганическим фосфатом формулы (IV). Фосфат 2 имеется в продаже.

Фосфат 3 представляет собой трифосфат натрия (ТФФН), который является неорганическим фосфатом формулы (IV). Фосфат 3 имеется в продаже.

Фосфат 4 представляет собой триметафосфат натрия (ТМФН), который является неорганическим фосфатом формулы (IV). Фосфат 4 имеется в продаже.

Фосфонат 1 представляет собой гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту) (ГМДТМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 1 имеется в продаже.

Фосфонат 2 представляет собой диэтилентриаминпентаметиленфосфоновую кислоту (ДЭТПМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 2 имеется в продаже.

Фосфонат 3 представляет собой бис(гексаметилендиаминпента(метиленфосфоновую кислоту)) (БГМТПМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 3 имеется в продаже.

Фосфонат 4 представляет собой 1-гидроксиэтилиден-1,1-дифосфоновую кислоту (ГЭДФ), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 4 имеется в продаже.

Как показано в табл. 1, иллюстративные ингибиторы образования отложений (E1-E20) обычно обладают улучшенной способностью ингибировать образование отложений, по сравнению со способностью сравнительных ингибиторов образования отложений (C1-C7). В частности, иллюстративные ингибиторы образования отложений, содержащие только фосфат 1 (E1, E5, E9, E13 и E17), обладают улучшенной способностью ингибировать образование отложений, по сравнению со способностью сравнительных ингибиторов образования отложений, содержащих только фосфат 2 (C1), фосфонат 1 (C2), фосфонат 2 (C3), фосфонат 3 (C4), фосфонат 4 (C5), фосфат 3 (C6) и фосфат 4 (C7), или по меньшей мере такой же способностью.

Иллюстративные ингибиторы образования отложений, содержащие смеси фосфата 1 с фосфатом 2 (E2-E4), фосфонатом 1 (E6-E8), фосфонатом 2 (E10-12), фосфонатом 3 (E14-E16) или фосфонатом 4 (E18-E20), обладают существенно улучшенной способностью ингибировать образование отложений, по сравнению со способностью ингибиторов образования отложений, содержащих только одно соединение (E1, E5, E9, E13, E17, C1, C2, C3, C4, C5, C6 и C7), или по меньшей мере сравнимой способностью. Если не ограничиваться теоретическими соображениями, то можно предположить, что использование смесей неорганического фосфата формулы (II) с неорганическим фосфатом формулы (IV) или органическим фосфонатом обеспечивает синергетический эффект, который выражается в том, что смеси обладают способностью ингибировать образование отложений, превосходящей способность каждого из соединений ингибировать образование отложений при их использовании по отдельности.

Пример 2. Ингибиторы образования отложений, использовавшиеся при 50 ч./млн или 75 ч./млн/57 мас.% фосфорной кислоты/80°C.

Иллюстративные ингибиторы образования отложений (E21-E26) и сравнительные ингибиторы образования отложений (C8-C10) получали в соответствии с табл. 2. Исследовали способность иллюстративных и сравнительных ингибиторов образования отложений ингибировать отложение гипса в композиции, содержащей 57 мас.% фосфорной кислоты, 500 ч./млн ионов Fe, 500 ч./млн ионов Al, 35000 ч./млн ионов Ca, 20000 ч./млн сульфатов, все значения приведены пересчете на полную массу композиции. Исследования проводили после перемешивания при температуре, равной 80°C, при скорости, равной 150 об/мин, в течение 6 ч. Каждый ингибитор образования отложений использовали в количестве, составляющем 75 ч./млн в пересчете на полную массу композиции. Результаты исследования представлены

в приведенной ниже табл. 2 и проиллюстрированы на фиг. 6.

Таблица 2

	Фосфат 1 (мас.%)	Фосфат 2 (мас.%)	Фосфонат 1 (мас.%)	Фосфонат 2 (мас.%)	Фосфонат 3 (мас.%)	Ингибирование образования отложений, %
E21	50	-	50	-	-	60,18
E22	80	20	-	-	-	45,73
E23	80	-	-	20	-	42,65
E24	80	-	-	-	20	53,87
E25	20	-	-	-	80	65,28
E26	100	-	-	-	-	3,28
C8	-	-	-	-	100	18,81
C9	-	-	-	100	-	16,05
C10	-	-	100	-	-	4,47

Фосфат 1 представляет собой поли(фосфат) натрия (обладающий длинной цепью ГМФН), который является неорганическим фосфатом формулы (II), в которой n обозначает целое число, равное 21. Фосфат 1 имеется в продаже.

Фосфат 2 представляет собой тетранатрийпирофосфат (ТНПФ), который является неорганическим фосфатом формулы (IV). Фосфат 2 имеется в продаже.

Фосфонат 1 представляет собой гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту) (ГМДТМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 1 имеется в продаже.

Фосфонат 2 представляет собой диэтилентриаминпентаметиленфосфоновую кислоту (ДЭТПМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 2 имеется в продаже.

Фосфонат 3 представляет собой бис(гексаметилендиаминпента(метиленфосфоновую кислоту)) (БГМТПМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 3 имеется в продаже.

Как показано в табл. 2, иллюстративные ингибиторы образования отложений (E21-E26) обычно обладают существенно улучшенной способностью ингибировать образование отложений, по сравнению со способностью сравнительных ингибиторов образования отложений (C8-C10), за исключением ингибитора E26. В частности, иллюстративные ингибиторы образования отложений, содержащие смеси фосфата 1 с фосфатом 2 (E22), фосфонатом 1 (E21), фосфонатом 2 (E23) или фосфонатом 3 (E24 и E25), обладают существенно улучшенной способностью ингибировать образование отложений, по сравнению со способностью ингибиторов образования отложений, содержащих только одно соединение (E26, C7, C8 и C9). Если не ограничиваться теоретическими соображениями, то можно предположить, что использование смесей неорганического фосфата формулы (II) с неорганическим фосфатом формулы (IV) или органическим фосфонатом обеспечивает синергетический эффект, который выражается в том, что смеси обладают способностью ингибировать образование отложений, превосходящей способность каждого из соединений ингибировать образование отложений при их использовании по отдельности.

Пример 3. Ингибиторы образования отложений, использовавшиеся при 50 ч./млн/42 мас.% фосфорной кислоты/80°C/высокое содержание многовалентных ионов.

Иллюстративные ингибиторы образования отложений (E27-E31) получали в соответствии с табл. 3. Исследовали способность иллюстративных ингибиторов образования отложений ингибировать отложение гипса в композиции, содержащей 42 мас.% фосфорной кислоты, 2500 ч./млн ионов Fe, 2500 ч./млн ионов Al, 35000 ч./млн ионов Ca, 20000 ч./млн сульфатов, все значения приведены пересчете на полную массу композиции. Исследования проводили после перемешивания при температуре, равной 80°C, при скорости, равной 150 об/мин, в течение 6 ч. Каждый ингибитор образования отложений использовали в количестве, составляющем 50 ч./млн в пересчете на полную массу композиции. Результаты исследования представлены в приведенной ниже табл. 3.

Таблица 3

	Фосфат 1 (мас.%)	Фосфат 2 (мас.%)	Фосфонат 1 (мас.%)	Фосфонат 2 (мас.%)	Фосфонат 3 (мас.%)	Ингибирование образования отложений, %
E27	50	-	50	-	-	43,81
E28	80	20	-	-	-	34,08
E29	80	-	-	20	-	39,67
E30	80	-	-	-	20	41,24
E31	20	-	-	-	80	44,38

Фосфат 1 представляет собой поли(фосфат) натрия (обладающий длинной цепью ГМФН), который является неорганическим фосфатом формулы (II), в которой n обозначает целое число, равное 21. Фосфат 1 имеется в продаже.

Фосфат 2 представляет собой тетранатрийпирофосфат (ТНПФ), который является неорганическим фосфатом формулы (IV). Фосфат 2 имеется в продаже.

Фосфонат 1 представляет собой гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту) (ГМДТМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 1 имеется в продаже.

Фосфонат 2 представляет собой диэтилентриаминпентаметиленфосфоновую кислоту (ДЭТПМФК),

которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 2 имеется в продаже.

Фосфонат 3 представляет собой бис(гексаметилентриаминапента(метиленфосфоновую кислоту)) (БГМТПМФК), которая является органическим фосфонатом. Фосфонат 3 имеется в продаже.

Иллюстративные ингибиторы образования отложений, содержащие смеси фосфата 1 с фосфонатом 2 (E27), фосфонатом 1 (E28), фосфонатом 2 (E29) или фосфонатом 3 (E30 и E31) обладают существенно улучшенной способностью ингибировать образование отложений. Если не ограничиваться теоретическими соображениями, то можно предположить, что использование смесей неорганического фосфата формулы (II) с неорганическим фосфатом формулы (IV) или органическим фосфонатом обеспечивает синергетический эффект, который выражается в том, что смеси обладают способностью ингибировать образование отложений, превосходящей способность каждого из соединений ингибировать образование отложений при их использовании по отдельности.

Пример 4. Сопоставление обладающего длинной цепью ГМФН и обладающего обычной длиной цепи ГМФН.

Исследовали способность иллюстративных ингибиторов образования отложений, обладающих разными длинами цепи, ингибировать отложение гипса в композиции, содержащей 42 мас.% фосфорной кислоты, 0 ч./млн ионов Fe, 0 ч./млн ионов Al, 35000 ч./млн ионов Ca, 20000 ч./млн сульфатов, все значения приведены пересчете на полную массу композиции. Исследования проводили после перемешивания при температуре, равной 80°C, при скорости, равной 150 об/мин, в течение 6 ч. Иллюстративные ингибиторы образования отложений использовали в количестве, составляющем 5 ч./млн в пересчете на полную массу композиции. Результаты исследования представлены в приведенной ниже табл. 4.

Таблица 4

	Результат 1	Результат 2	Результат 3
Фосфат 1	76,9	72,9	80,9
Фосфат 5	61,1	69,1	-

Фосфат 1 представляет собой поли(фосфат) натрия (обладающий длинной цепью ГМФН), который является неорганическим фосфатом формулы (II), в которой n обозначает целое число, равное 21. Фосфат 1 имеется в продаже.

Фосфат 5 представляет собой гексаметафосфат натрия (обладающий обычной длиной цепи ГМФН) который является неорганическим фосфатом формулы (I), в которой m обозначает целое число, равное 6. Фосфат 5 имеется в продаже.

Как показано в табл. 4, иллюстративный ингибитор образования отложений - фосфат 1, который обладает длиной цепи, равной 21, обладает способностью ингибировать образование отложений, превосходящей способность иллюстративного ингибитора образования отложений - фосфата 5, который обладает длиной цепи, равной 6. Если не ограничиваться теоретическими соображениями, то можно предположить, что наличие более длинной цепи фосфата 1 приводит к улучшению способности ингибировать образование отложений.

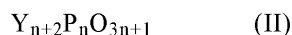
#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты, в котором фосфатсодержащую руду объединяют с кислотой и получают кислую суспензию, и кислую суспензию обрабатывают и получают кислый поток, способ включает:

получение ингибитора образования отложений, содержащего неорганический фосфат формулы (I)

$$(XPO_3)_m \quad (I)$$

в которой X обозначает Na, K или их комбинации и m обозначает целое число, равное не менее 6, неорганический фосфат формулы (II)



в которой Y обозначает Na, K или их комбинации и n обозначает целое число, равное не менее 6, или их комбинацию;

добавление ингибитора образования отложений к кислой суспензии или кислому потоку, в количестве от 0,1 до 1000 частей на миллион в пересчете на полную массу кислой жидкой фазы, содержащейся в кислой суспензии, для уменьшения образования отложений на поверхностях, находящихся в соприкосновении с кислой суспензией или кислым потоком.

2. Способ по п. 1, в котором неорганический фосфат формулы (I) включает гексаметафосфат натрия и где в формуле (I) m обозначает целое число, равное 6.

3. Способ по любому из пп. 1 или 2, в котором неорганический фосфат формулы (II) включает поли(фосфат) натрия и где в формуле (II) n обозначает целое число, равное 21.

4. Способ по любому из пп. 1-3, в котором ингибитор образования отложений дополнительно содержит:

дополнительный неорганический фосфат формулы (IV)

$$Z_{p+2}P_pO_{3p+1} \quad (IV)$$

в которой Z обозначает Na, K, H или их комбинации и p обозначает целое число, равное не более 4;

органический фосфонат; или их комбинации.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором фосфатсодержащую руду объединяют с кислотой в варочном котле и получают кислую суспензию.

6. Способ по п.5, в котором стадия объединения ингибитора образования отложений дополнительно определена, как объединение ингибитора образования отложений с кислой суспензией, проводимое в варочном котле.

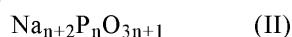
7. Способ по п.5, в котором стадия объединения ингибитора образования отложений дополнительно определена, как объединение ингибитора образования отложений с кислой суспензией, проводимое после варочного котла.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором кислую суспензию обрабатывают с использованием фильтра и получают кислый поток и кислый поток дополнительно обрабатывают с использованием испарителя.

9. Способ уменьшения образования отложений при получении фосфорной кислоты, в котором фосфатсодержащую руду объединяют с кислотой и получают кислую суспензию и кислую суспензию обрабатывают и получают кислый поток, способ включает:

получение ингибитора образования отложений, содержащего:

поли(фосфат) натрия формулы (II)



в которой n обозначает целое число, равное 21, и по меньшей мере один из следующих: дополнительный органический фосфонат, включающий бис(гексаметилентриаминпента(метиленфосфоновую кислоту)), гексаметилендиаминтетра(метиленфосфоновую кислоту), диэтилентриаминпентаметиленфосфоновую кислоту, 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновую кислоту или их комбинации, и неорганический фосфат, включающий тетранатрийпирофосфат; и

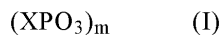
добавление ингибитора образования отложений к кислой суспензии или кислому потоку, для уменьшения образования отложений.

10. Система для получения фосфорной кислоты, обладающая уменьшенным образованием отложений, система включает:

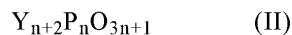
подложку, содержащую поверхность, находящуюся в соприкосновении с кислой суспензией, полученной из фосфатсодержащей руды и кислоты, причем кислая суспензия обрабатывается с получением кислого потока; и

ингибитор образования отложений, содержащий:

неорганический фосфат формулы (I)

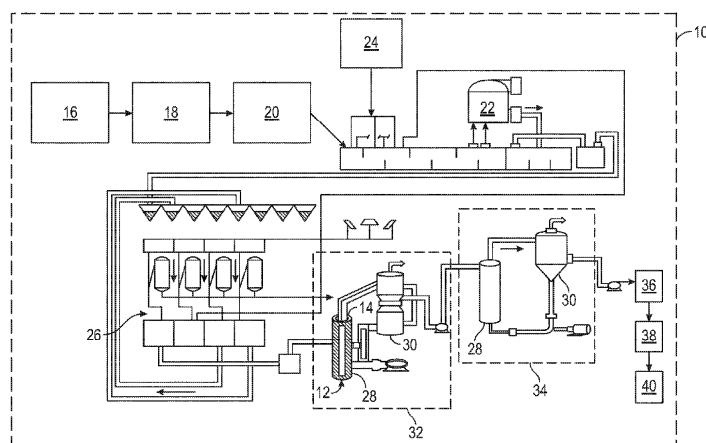


в которой X обозначает Na, K или их комбинации и m обозначает целое число, равное не менее 6, неорганический фосфат формулы (II)

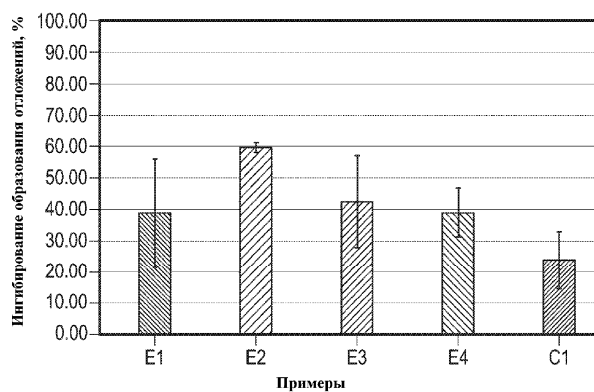


в которой Y обозначает Na, K или их комбинации и n обозначает целое число, равное не менее 6, или их комбинацию;

где система, включающая ингибитор образования отложений, характеризуется уменьшенным образованием отложений на поверхности по сравнению с образованием отложений в системе, не содержащей ингибитор образования отложений.

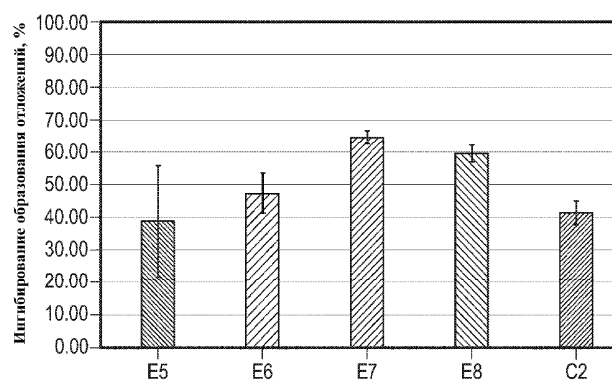


Фиг. 1



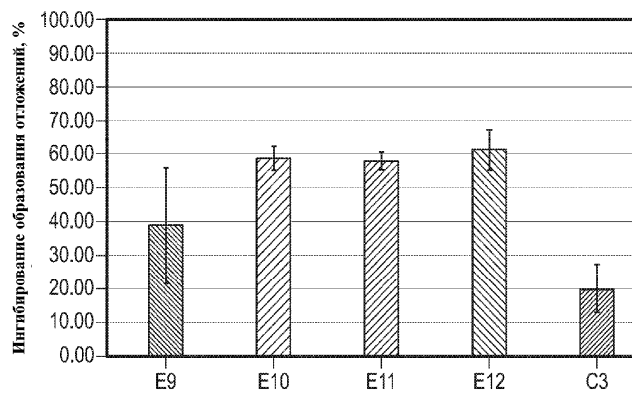
Примеры

Фиг. 2



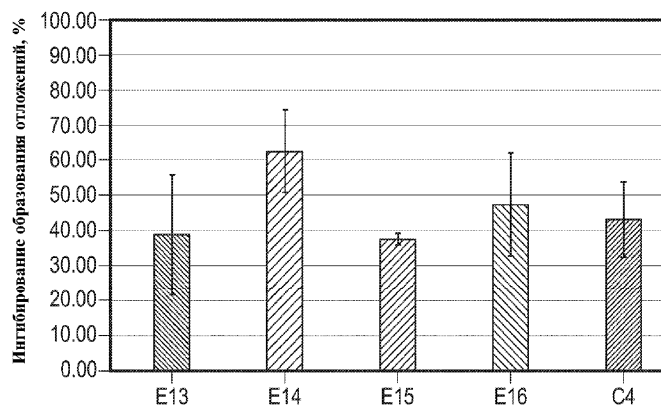
Примеры

Фиг. 3



Примеры

Фиг. 4



Примеры

Фиг. 5

