

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 201892689 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2019.04.30

(22) Дата подачи заявки  
2017.06.27

(51) Int. Cl. C01B 25/22 (2006.01)  
C01B 25/32 (2006.01)  
C05B 7/00 (2006.01)  
C05B 11/12 (2006.01)  
A23L 33/16 (2016.01)

---

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОГИДРОФОСФАТА КАЛЬЦИЯ

---

(31) 2016/5482

(32) 2016.06.28

(33) BE

(86) PCT/EP2017/065886

(87) WO 2018/002071 2018.01.04

(71) Заявитель:  
ПРЭЙОН ТЕКНОЛОДЖИЗ (BE)

(72) Изобретатель:  
Теи Тибо, Анри Тома (BE)

(74) Представитель:  
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Данное изобретение относится к способу получения моногидрофосфата кальция, включающему травление источника фосфата в водной среде в течение предварительно определенного периода времени при использовании кислоты с образованием пульпы, содержащей водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и твердую фазу, содержащую примеси, первое разделение на упомянутую водную фазу и упомянутую твердую фазу в течение предварительно определенного периода времени, нейтрализацию упомянутой водной фазы при значении pH, достаточном для обеспечения осаждения упомянутого моногидрофосфата кальция, второе разделение на упомянутую водную среду и упомянутый моногидрофосфат кальция, отличающемся тем, что упомянутый предварительно определенный период времени упомянутой стадии а) разложения является большим, чем период времени упомянутой стадии б).

A1

201892689

201892689

A1

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОГИДРОФОСФАТА КАЛЬЦИЯ

Данное изобретение относится к способу получения моногидрофосфата кальция или фосфата дикальция, включающему стадии, на которых:

а) осуществляют разложение источника фосфата в водной среде в течение первого периода времени при использовании кислоты с образованием пульпы, содержащей водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и твердую фазу, содержащую примеси,

б) осуществляют первое разделение на упомянутую водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и упомянутую твердую фазу, содержащую примеси, в течение второго периода времени,

с) осуществляют нейтрализацию упомянутой водной фазы, содержащей фосфат кальция в растворе, при значении pH, достаточном для обеспечения осаждения в водной среде нерастворимого фосфата кальция в виде вышеупомянутого моногидрофосфата кальция и

д) осуществляют второе разделение на упомянутую водную среду и упомянутый моногидрофосфат кальция.

Травление источника фосфата, такого как фосфатная руда, при использовании кислоты было известно в течение множества лет, например, в связи с патентами US 3304157 и GB 105 15 21.

В документе WO 2004002888 раскрываются способ изготовления моногидрофосфата кальция (DCP), а также способ производства фосфорной кислоты из DCP, полученного при использовании способа, описанного в данном патентном документе.

В данном документе предлагается травление фосфатной руды в резервуаре для разложения при использовании раствора хлористо-водородной кислоты, имеющего концентрацию, составляющую приблизительно 5 масс.%, для получения пульпы, содержащей водную фазу, содержащую фосфат кальция и хлорид-ионы в растворе, и твердую фазу, содержащую примеси.

Прохождение вышеупомянутой пульпы через фильтр-пресс делает возможным отделение водной фазы, содержащей фосфат кальция и хлорид-ионы в растворе, от твердой фазы, содержащей примеси.

Нейтрализацию отделенной водной фазы, содержащей фосфат кальция и хлорид-ионы, проводят в результате добавления соединения кальция для осаждения нерастворимого DCP в водной фазе после увеличения значения pH.

В конце способа проводят дополнительное разделение для извлечения влажного осадка DCP на фильтре.

Что касается производства фосфорной кислоты при использовании DCP, полученного таким образом, то его проводят в результате жидкостно-жидкостного экстрагирования, и для его проведения требуется несколько стадий воплощения.

Действительно, необходимо проводить стадию солюбилизации влажного осадка DCP на фильтре, полученного в соответствии с описанным выше способом, в результате нового травления при использовании более концентрированной хлористо-водородной кислоты, у которой концентрация может достигать вплоть до 20 масс.%. Данная солюбилизация делает возможным образование водного раствора, содержащего фосфат-ионы, ионы кальция и хлорид-ионы, для экстрагирования при использовании органического экстрагента.

Говоря более точно, данную стадию экстрагирования проводят в экстракционной колонне при использовании органического растворителя, и это делает возможным производство водной фазы экстрагирования, содержащей хлорид-ионы и ионы кальция, и органической фазы экстрагирования, содержащей фосфорную кислоту.

Органическую фазу экстрагирования, содержащую фосфорную кислоту, реэкстрагируют при использовании водного реэкстрагента таким образом, чтобы выделить водную фазу реэкстрагирования, содержащую фосфат-ионы.

В заключение, концентрирование водной фазы реэкстрагирования делает возможным получение водного раствора фосфорной кислоты.

Данный способ производства фосфорной кислоты является сложным и требует проведения нескольких дорогостоящих стадий для получения фосфорной кислоты с качеством, достаточным для предполагаемых областей применения.

В дополнение к этому, использование органических экстрагирующих растворителей делает такой способ непривлекательным применительно к воздействию на окружающую среду.

Документ WO 2005 066 070 относится к способу травления фосфатной руды при использовании водного раствора хлористо-водородной кислоты, имеющего концентрацию HCl, составляющую менее, чем 10 масс.%, с образованием пульпы, состоящей из водной фазы, содержащей раствор фосфата кальция и хлорид-ионы, и нерастворимой твердой фазы, содержащей примеси.

Нейтрализацию вышеупомянутой водной фазы проводят при первом значении pH, при котором значительная доля фосфата кальция сохраняется в водной фазе, в целях осаждения примесей.

После этого вышеупомянутую нерастворимую твердую фазу отделяют от водной фазы при одновременном выделении осажденных примесей.

Проводят дополнительную нейтрализацию водной фазы при втором значении рН, большем, чем вышеупомянутое первое значение рН, для осаждения ДСР, который после этого отделяют от водной среды.

Данный способ ограничивается тем, что должен быть использован водный раствор хлористо-водородной кислоты, имеющий концентрацию, составляющую менее, чем 10 масс. %.

Не так давно способ травления источника фосфата при использовании водного раствора хлористо-водородной кислоты составил предмет патентной заявки WO 2015 082 468.

В соответствии с данным раскрытием изобретения разложение горной породы в присутствии водного раствора хлористо-водородной кислоты делает возможным формирование пульпы, состоящей из водной фазы, содержащей фосфат кальция и хлорид-ионы в растворе, и нерастворимой твердой фазы, содержащей примеси.

После этого водную фазу отделяют от твердой фазы результате фильтрования таким образом, чтобы водная фаза могла бы быть нейтрализована до достаточного значения рН в целях получения водной среды, содержащей хлорид-ионы, и в целях осаждения фосфата кальция в форме упомянутой соли фосфорной кислоты. Последующее разделение делает возможным выделение соли фосфорной кислоты.

В соответствии с данным способом стадии травления и фильтрования проводят при температуре в диапазоне от 50°C до 70°C, и первый водный раствор хлористо-водородной кислоты имеет концентрацию HCl, меньшую или равную 15 масс. %.

К сожалению, известные способы являются непрактичными для промышленников, поскольку они не обеспечивают получения достаточного выхода  $P_2O_5$  при экстрагировании в сопоставлении с количеством  $P_2O_5$ , присутствующим в исходном источнике фосфата, и полученная соль фосфорной кислоты не является достаточно чистой, что, тем не менее, определяет ее потенциальное использование в нескольких сферах применения, таких как сельское хозяйство или пищевая промышленность и технические области применения с высокой добавленной стоимостью.

Поэтому имеется реальная потребность в предложении способа изготовления моногидрофосфата кальция, который окончательно разрешает данную проблему, относящуюся к степени чистоты моногидрофосфата кальция, при одновременном ограничении потерь  $P_2O_5$  в отходах, образуемых в способе, в целях улучшения совокупных эксплуатационных характеристик способа.

Цель изобретения заключается в предложении способа изготовления моногидрофосфата кальция, который может быть более простым в осуществлении, надежным и быстрым. Разложение и фильтрование должны обеспечивать получение высокого выхода  $P_2O_5$  при экстрагировании при одновременном надлежащем принятии во внимание компромисса между желаемой степенью чистоты моногидрофосфата кальция, полученного в конце способа, и ограничением потерь  $P_2O_5$ .

Для разрешения данной проблемы предлагается способ, соответствующий изобретению в соответствии с указанием в начале описания и характеризующийся тем, что упомянутый первый период времени упомянутой стадии а) разложения является большим, чем упомянутый второй период времени вышеупомянутой стадии б) первого разделения.

Как это было неожиданно установлено, в случае когда стадия а) разложения имеет более продолжительный период времени, чем период времени, связанный с вышеупомянутой стадией б) первого разделения, способ будет характеризоваться интересным выходом  $P_2O_5$  при одновременном обеспечении того, что ДСР имеет степень чистоты, оптимальную для областей применения, намечаемых в сельскохозяйственном и пищевом секторе.

Говоря более точно, как это представляется, упомянутый период времени упомянутой стадии а) разложения, который является большим, чем период времени стадии б) первого разделения, делает возможным значительное уменьшение периода времени, относящегося к первому разделению. Это является в особенности выгодным в том смысле, что стадия первого разделения больше уже не является сдерживающей для пользователя, поскольку она включает только пониженную очистку средств разделения, таких как фильтр, который может быть использован для осуществления фильтрования, соответствующего упомянутому первому разделению. Таким образом, стадия первого разделения является быстрой и эффективной. Следствием этого является достаточная рентабельность способа, соответствующего данному изобретению, поскольку он, следовательно, не требует неоднократного промывания средств разделения.

На практике будь то непрерывный или периодический технологический процесс, данные преимущества, предлагаемые способом, значительно уменьшают требуемую площадь поверхности фильтрования. Таким образом, стадия первого разделения является более простой и более эффективной, что, в конечном счете, делает возможным предложение более экономически приемлемого способа в сопоставлении с известными способами предшествующего уровня техники.

Как это необходимо отметить, чем более продолжительной проводят стадию

разложения, тем большее место может занимать стадия первого разделения в течение короткого периода времени.

В соответствии с разъяснением изобретения моногидрофосфат кальция, полученный при использовании способа данного изобретения, может быть использован в сельскохозяйственном или пищевом секторах или в композиции для сельского хозяйства или продуктов питания. Сельскохозяйственный сектор включает питательные вещества, такие как удобрения. Он также может быть использован и для производства фосфорной кислоты.

Таким образом, как это было установлено, способ, соответствующий изобретению, обеспечивает достижение выхода  $P_2O_5$  при экстрагировании для вышеупомянутых стадий а и б, достигающего вплоть до 95%, и обеспечивает получение конечного продукта, характеризующегося степенью чистоты, которая является подходящей для качественного использования в пищевом или сельскохозяйственном секторе таким образом, как в качестве удобрений.

В выгодном случае, вышеупомянутые стадии а) и б) осуществляют с продолжительностью, составляющей менее, чем 2 часа, предпочтительно с продолжительностью в диапазоне от 30 до 100 минут, предпочтительно от 30 до 70 минут, более предпочтительно от 40 до 65 минут.

То, что способ, соответствующий изобретению, включает комбинацию из параметров, в соответствии с которыми стадии а) и б) проводят с продолжительностью, составляющей менее, чем 2 часа, и период времени, относящийся к вышеупомянутой стадии а) разложения, является большим, чем период времени, относящийся к вышеупомянутой стадии б) первого разделения, делает возможным предложение еще более рентабельного и эффективного способа применительно к выходу  $P_2O_5$  при экстрагировании в сопоставлении с тем, что имеет место в предшествующем уровне техники.

В более выгодном случае, упомянутый предварительно определенный период времени упомянутой стадии а) находится в диапазоне от 75 до 100 минут, предпочтительно от 80 до 95 минут или от 20 до 45 минут, в частности, от 24 до 40 минут, предпочтительно от 30 до 35 минут.

В соответствии с одним примером выгодного варианта осуществления упомянутое первое разделение упомянутой стадии б) проводят при скорости фильтрования, составляющей по меньшей мере 0,1 тонны  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , предпочтительно находящейся в диапазоне от 0,1 до 5 тонн  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , более предпочтительно от 0,15 до 3 тонн  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , более предпочтительно от 0,3 до 0,9, в частности, от 0,4

до 0,7, тонны  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , при этом упомянутую скорость фильтрования рассчитывают в соответствии со следующим далее уравнением:

$$\text{Скорость фильтрования} = \frac{Q_{P_2O_5}}{\sqrt{\Delta P} \Omega T_f},$$

где

$Q_{P_2O_5}$  соответствует количеству  $P_2O_5$ , собранному в фильтрате, и выражается в тоннах,

$\Omega$  представляет собой площадь поверхности фильтра, выражаемую в  $m^2$ ,

$\Delta P$  представляет собой разность между давлением на выпускном отверстии фильтрата и давлением, приложенным к пульпе во время упомянутого первого разделения, и выражается в барах, и

$T_f$  представляет собой период времени упомянутого первого разделения и выражается в сутках.

Указанную выше скорость фильтрования рассчитывают известным специалистам в соответствующей области техники образом в соответствии с описанием в публикации Albert Rushton, Anthony S. Ward and Richard G. Holdich, *Solid-Liquid Filtration and Separation Technology*, p. 35-93, ed. John Wiley & Sons, 2008.

Как это было установлено, способ, соответствующий изобретению, также делает возможным проведение упомянутой стадии b) первого разделения при скорости фильтрования, которая является в особенности выгодной в том смысле, что она в одно и то же время делает возможным уменьшение продолжительности фильтрования при параллельном неувеличении размера фильтра, который требуется для промышленной области применения.

Помимо этого, как это к удивлению можно было бы себе представить, возможным было получение простым образом выхода  $P_2O_5$  при экстрагировании для стадий a и b, составляющего более, чем 90 масс.%, предпочтительно более, чем 93 масс.%, в выгодном случае более, чем 95%, в результате использования быстрых и экономичных скоростей фильтрования в промышленном масштабе.

В соответствии с предпочтительным вариантом упомянутый источник фосфата и упомянутую кислоту одновременно или последовательно вводят в первый реактор, содержащий упомянутую водную среду, в целях осуществления упомянутой стадии a) разложения и упомянутую пульпу, содержащую упомянутую водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и упомянутую твердую фазу, содержащую примеси, переводят из первого реактора в средство разделения для осуществления упомянутого первого разделения в соответствии с вышеупомянутой стадией b) первого разделения.

Более предпочтительно упомянутое средство разделения располагается между упомянутым первым реактором и вторым реактором.

Еще более предпочтительно упомянутое средство разделения находится во втором реакторе, куда вводят упомянутую пульпу, содержащую водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и твердую фазу, содержащую примеси, для проведения упомянутого первого разделения в соответствии с вышеупомянутой стадией b).

В дополнение к этому, упомянутое средство разделения предпочтительно может представлять собой фильтр, выбранный из группы, состоящей из вращающегося фильтра, предпочтительно с опрокидывающейся ячейкой, пресс-фильтра, ленточного фильтра и барабанного фильтра.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом упомянутая кислота выбрана из группы, состоящей из хлористо-водородной кислоты (HCl), азотной кислоты, серной кислоты, фосфорной кислоты и их смесей.

В выгодном случае, упомянутая кислота представляет собой водный раствор кислоты, в частности, хлористо-водородной кислоты, имеющий концентрацию кислоты, меньшую или равную 15 масс. %.

Более предпочтительно стадии a) и b) проводят при температуре, находящейся в диапазоне от 50°C до 70°C, предпочтительно равной 60°C.

Предпочтительно упомянутый источник фосфата выбран из группы, состоящей из фосфатной породы, фосфатной руды, вторичных источников фосфата, таких как зола (например, от шлама сточных вод или кости или жидкого свиного навоза) или их смесей.

В выгодном случае, стадию нейтрализации осуществляют при использовании нейтрализатора, выбранного из группы, состоящей из соединений на основе кальция, таких как оксид, гидроксид и карбонат кальция и растворимые в воде соли и гидроксид кальция.

Другие формы вариантов осуществления способа, соответствующего изобретению, указываются в прилагающейся формуле изобретения.

Данное изобретение также относится к применению моногидрофосфата кальция, полученного в соответствии с данным изобретением, для производства фосфорной кислоты.

Такое производство фосфорной кислоты может включать травление полученного моногидрофосфата кальция при использовании серной кислоты.

Предпочтительно моногидрофосфат кальция, полученный при использовании способа, соответствующего данному изобретению, используют в пищевой промышленности или в сельскохозяйственном или плодоводческом секторе.

Другие формы вариантов осуществления применения, соответствующего изобретению, указываются в прилагающейся формуле изобретения.

Другие характеристики, детали и преимущества способа и применения будут описываться ниже без ограничения их только этим.

В контексте данного изобретения выражение «разложение осуществляют в течение первого периода времени» должно пониматься в качестве обозначения того, что разложение завершается во время инициирования стадии первого разделения, что соответствует времени введения пульпы в средство разделения, такое как фильтр.

В контексте данного изобретения выражение «первое разделение, осуществляемое в течение второго периода времени» должно пониматься в качестве обозначения определения продолжительности, относящейся к данному первому разделению, от времени введения подлежащей фильтрации пульпы в средство разделения, такое как фильтр.

В соответствии с одним практическим примером фосфатную руду и водный раствор хлористо-водородной кислоты одновременно или последовательно вводят в водную среду, содержащуюся в первом реакторе.

После разложения в течение первого периода времени в первом реакторе получают пульпу, которую вводят в средство разделения в целях осуществления стадии b) первого разделения в течение второго периода времени, который является меньшим, чем период времени, соответствующий стадии a) разложения.

Данное средство разделения может находиться в первом реакторе или во втором реакторе.

В случае нахождения средства разделения в первом реакторе оно может находиться в сообщении по текучей среде с данным реактором.

Таким образом, предварительно определенная продолжительность разложения завершается при введении пульпы в средство разделения.

Средство разделения также может находиться и во втором реакторе, возможно, при нахождении в сообщении по текучей среде с первым реактором.

Возможным также является и использование первого реактора, второго реактора и средства разделения, которое может быть скомпоновано между упомянутыми первым и вторым реакторами таким образом, чтобы находиться в сообщении по текучей среде с ними.

Во всех вышеупомянутых случаях упомянутый источник фосфата характеризуется временем пребывания в упомянутом первом реакторе, большим, чем время пребывания упомянутой пульпы в упомянутом средстве разделения, при этом пульпа состоит из

водной фазы, содержащей фосфат кальция, и нерастворимой твердой фазы, содержащей примеси.

В контексте данного изобретения способ может быть осуществлен непрерывным или периодическим образом.

Стадию нейтрализации упомянутой водной фазы, содержащей фосфат кальция и хлорид-тоны в растворе, при проведении травления при использовании хлористо-водородной кислоты проводят при значении рН, достаточном для осаждения фосфата кальция в форме упомянутого моногидрофосфата кальция.

Между упомянутой водной средой, содержащей хлорид-ионы, и моногидрофосфатом кальция проводят второе разделение таим образом, чтобы получить моногидрофосфат кальция, полученный при использовании способа, соответствующего данному изобретению.

Стадии нейтрализации и второго разделения для специалистов в соответствующей области техники известны, в частности, из документа WO 2015 082 468, который посредством ссылки включается в данную патентную заявку.

#### Пример 1

Заявители исходят из имеющейся вначале фосфатной руды, демонстрирующей характеристики из следующей далее таблицы 1:

Количество фосфата		1000,0 г
Влажность	1,93%	19,3 г
CaO	48,90%	489,0 г
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31,00%	310,0 г

В химический стакан вводят количество деминерализованной воды в 120,8 г, а после этого к деминерализованной воде при перемешивании добавляют количество фосфата из таблицы 1 в 75 г для получения смеси. Вслед за этим химический стакан покрывают предметным стеклом и смесь доводят до температуры 60°C.

120,8 г деминерализованной воды смешивают с водным раствором хлористо-водородной кислоты, который имеет концентрацию HCl 37%, в целях получения 357,7 г водного раствора HCl при 12%. Вслед за этим последний добавляют к горячей смеси из фосфата и деминерализованной воды.

Продолжительность разложения измеряют от времени добавления к горячей смеси, содержащей фосфат и деминерализованную воду, разбавленного водного раствора кислоты.

По истечении продолжительности разложения в 30 минут полученный таким образом раствор отфильтровывают при температуре фильтрования 60°C при использовании волокнистого фильтра из сложного полиэфира с диаметром 90 мм и

толщиной 0,17 мм, размещенного на предварительно вакуумированном оборудовании, относящемся к типу Бюхнера.

Используемое фильтрационное давление составляет 0,4 бар, что представляет собой движущую разность давлений в 0,6 бар в сопоставлении с атмосферным давлением в 1 бар.

Продолжительность фильтрования соответствует времени, требуемому для получения влажного осадка на фильтре из пульпы, полученной на предшествующих стадиях. После фильтрования осадок на фильтре подвергают воздействию стадии высушивания, на протяжении которой через осадок на фильтре отсасывают воздух окружающей среды, при этом стадия высушивания продолжается 5 минут. В соответствии с данным первым примером варианта осуществления продолжительность фильтрования составляет 5 минут.

После этого измеряют массу полученного влажного осадка на фильтре, а также массу фильтрата. Вслед за этим фильтраты и осадок на фильтре подвергают анализу.

После этого влажный осадок на фильтре высушивают при температуре 60°C, а также измеряют его массу после высушивания.

Таблица 2

Пример 1	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C
Продолжительность разложения	30 минут
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	5 минут
Скорость фильтрования	1,3 тонны P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /м <sup>2</sup> /√ΔP/сутки

Выход P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в конечном продукте, полученном после стадий а и б в конце способа, равен 94,03%. Выход рассчитывают на основании количества P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, присутствующего в фосфатной руде. Он представляет собой процентную долю P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в фильтрате после стадии б первого разделения по отношению к данному количеству.

Пример 2

Данный пример реализуют в тех же самых рабочих условиях, что и описанные в примере 1, при том исключении, что продолжительность разложения составляет 45 минут, а продолжительность фильтрования составляет 5,5 минуты, как это продемонстрировано в приведенной ниже таблице 3.

Таблица 3

Пример 2	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C

Продолжительность разложения	45 минут
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	5,5 минуты
Скорость фильтрования	1,1 тонны $P_2O_5/m^2/\sqrt{\Delta P}$ /сутки

Выход  $P_2O_5$  после стадий а и б способа составляет 93,02%.

#### Пример 3

Данный пример реализуют в тех же самых рабочих условиях, что и описанные в примере 1, при том исключении, что продолжительность разложения составляет 60 минут, а продолжительность фильтрования составляет 4,75 минуты, как это продемонстрировано в приведенной ниже таблице 4.

Таблица 4

Пример 3	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C
Продолжительность разложения	60 минут
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	4,75 минуты
Скорость фильтрования	1,3 тонны $P_2O_5/m^2/\sqrt{\Delta P}$ /сутки

Выход  $P_2O_5$  в продукте после стадий а и б способа составляет 93,16%.

#### Пример 4

Данный пример реализуют в тех же самых рабочих условиях, что и описанные в примере 1, при том исключении, что продолжительность разложения составляет 90 минут, а продолжительность фильтрования составляет 2,33 минуты, как это продемонстрировано в приведенной ниже таблице 5.

Таблица 5

Пример 4	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C
Продолжительность разложения	90 минут
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	2,33 минуты
Скорость фильтрования	2,7 тонны $P_2O_5/m^2/\sqrt{\Delta P}$ /сутки

Выход  $P_2O_5$  в продукте, полученном после стадий а и б способа, составляет 91,96%.

#### Пример 5

Данный пример реализуют в тех же самых рабочих условиях, что и описанные в примере 1, при том исключении, что продолжительность разложения составляет 10,5 минуты, а продолжительность фильтрования составляет 25 минут, как это продемонстрировано в приведенной ниже таблице 6.

Таблица 6

Пример 5	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C
Продолжительность разложения	10,5 минуты
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	25 минут
Скорость фильтрования	0,3 тонны $P_2O_5/m^2/\sqrt{\Delta P}$ /сутки

Выход  $P_2O_5$  в продукте, полученном после стадий а и б способа, составляет 96,33%.

## Пример 6

Данный пример реализуют в тех же самых рабочих условиях, что и описанные в примере 1, при том исключении, что продолжительность разложения составляет 15 минут, а продолжительность фильтрования составляет 13 минут, как это продемонстрировано в приведенной ниже таблице 7.

Таблица 7

Пример 6	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C
Продолжительность разложения	15 минут
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	13 минут
Скорость фильтрования	0,5 тонны $P_2O_5/m^2/\sqrt{\Delta P}$ /сутки

Выход  $P_2O_5$  в продукте, полученном после стадий а и б способа, составляет 96,19%.

## Пример 7

Данный пример реализуют в тех же самых рабочих условиях, что и описанные в примере 1, при том исключении, что продолжительность разложения составляет 21,5 минуты, а продолжительность фильтрования составляет 9 минут, как это продемонстрировано в приведенной ниже таблице 8.

Таблица 8

Пример 7	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C
Продолжительность разложения	21,5 минуты
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	9 минут
Скорость фильтрования	0,7 тонны $P_2O_5/m^2/\sqrt{\Delta P}$ /сутки

Выход  $P_2O_5$  в продукте, полученном после стадий а и б способа, составляет 96,09%.

## Пример 8

Данный пример реализуют в тех же самых рабочих условиях, что и описанные в примере 1, при том исключении, что продолжительность разложения составляет 26,33

минуты, а продолжительность фильтрования составляет 7,33 минуты, как это продемонстрировано в приведенной ниже таблице 9.

Таблица 9

Пример 8	
Исходное количество фосфата	75 граммов
Количество водного раствора HCl при 12%	357,7 грамма
Температура разложения руды	60°C
Продолжительность разложения	26,33 минуты
Температура фильтрования	60°C
Продолжительность фильтрования	7,33 минуты
Скорость фильтрования	71,8 тонны $P_2O_5/m^2/\sqrt{\Delta P}$ /сутки

Выход  $P_2O_5$  в продукте, полученном после стадий а и б способа, составляет 95,85%.

Как это необходимо понимать, данное изобретение никоим образом не ограничивается описанными выше вариантами осуществления, и может быть сделано множество его уточнений без выхода за пределы объема прилагающейся формулы изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения моногидрофосфата кальция, включающий стадии, на которых:

а) осуществляют разложение источника фосфата в водной среде в течение первого периода времени при использовании кислоты с образованием пульпы, содержащей водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и твердую фазу, содержащую примеси,

б) осуществляют первое разделение на упомянутую водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и упомянутую твердую фазу, содержащую примеси, в течение второго периода времени,

с) осуществляют нейтрализацию упомянутой водной фазы, содержащей фосфат кальция в растворе, при значении pH, достаточном для обеспечения осаждения в водной среде нерастворимого фосфата кальция в виде вышеупомянутого моногидрофосфата кальция и

д) осуществляют второе разделение на упомянутую водную среду и упомянутый моногидрофосфат кальция,

отличающийся тем, что упомянутый первый период времени упомянутой стадии а) разложения является большим, чем упомянутый второй период времени упомянутой стадии б).

2. Способ по п. 1, в котором вышеупомянутые стадии а) и б) осуществляют с продолжительностью, составляющей менее, чем 2 часа, предпочтительно с продолжительностью в диапазоне от 30 до 100 минут, предпочтительно от 30 до 70 минут, более предпочтительно от 40 до 65 минут.

3. Способ по п. 1, в котором упомянутый первый период времени упомянутой стадии а) находится в диапазоне от 75 до 100 минут, предпочтительно от 80 до 95 минут или от 20 до 45 минут, в частности, от 24 до 40 минут, предпочтительно от 30 до 35 минут.

4. Способ по любому из пп. 1-3, в котором упомянутое первое разделение упомянутой стадии б) осуществляют при скорости фильтрования, составляющей по меньшей мере 0,1 тонны  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , предпочтительно находящейся в диапазоне от 0,1 до 5 тонн  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , более предпочтительно от 0,15 до 3 тонн  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , более предпочтительно от 0,3 до 0,9, в частности, от 0,4 до 0,7, тонны  $P_2O_5/\sqrt{\Delta P}/m^2/сутки$ , при этом упомянутую скорость фильтрования рассчитана в соответствии со следующим далее уравнением:

$$\text{Скорость фильтрования} = \frac{Q_{P_2O_5}}{\sqrt{\Delta P} \Omega T_f},$$

где

$Q_{P_2O_5}$  соответствует количеству  $P_2O_5$ , собранному в фильтрате, и выражается в тоннах,

$\Omega$  представляет собой площадь поверхности фильтра, выраженную в  $m^2$ ,

$\Delta P$  представляет собой разность между давлением на выпускном отверстии фильтрата и давлением, приложенным к пульпе во время упомянутого первого разделения, и выражается в барах, и

$T_f$  представляет собой первый период времени упомянутого первого разделения и выражается в сутках.

5. Способ по любому из пп. 1-4, в котором упомянутый источник фосфата и упомянутую кислоту одновременно или последовательно вводят в первый реактор, содержащий упомянутую водную среду, в целях осуществления упомянутой стадии а) разложения, и в котором упомянутую пульпу, содержащую упомянутую водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и упомянутую твердую фазу, содержащую примеси, переводят из первого реактора в средство разделения для осуществления упомянутого первого разделения в соответствии с вышеупомянутой стадией б).

6. Способ по п. 5, в котором упомянутое средство разделения расположено между упомянутым первым реактором и вторым реактором.

7. Способ по п. 5, в котором упомянутое средство разделения находится во втором реакторе, куда вводят упомянутую пульпу, содержащую водную фазу, содержащую фосфат кальция в растворе, и твердую фазу, содержащую примеси, для осуществления упомянутого первого разделения в соответствии с вышеупомянутой стадией б).

8. Способ по любому из пп. 5-7, в котором упомянутое средство разделения представляет собой фильтр, выбранный из группы, состоящей из вращающегося фильтра, предпочтительно с опрокидывающейся ячейкой, пресс-фильтра, ленточного фильтра и барабанного фильтра.

9. Способ по любому из пп. 1-8, в котором упомянутая кислота выбрана из группы, состоящей из хлористо-водородной кислоты, азотной кислоты, серной кислоты, фосфорной кислоты и их смесей.

10. Способ по п. 9, в котором упомянутая кислота представляет собой водный раствор кислоты, имеющий концентрацию кислоты, меньшую или равную 15 масс.%, предпочтительно в упомянутом первом реакторе.

11. Способ по любому из пп. 1-10, в котором стадии а) и б) осуществляют при температуре, находящейся в диапазоне от  $50^\circ C$  до  $70^\circ C$ , предпочтительно равной  $60^\circ C$ .

12. Способ по любому из пп. 1-11, в котором упомянутый источник фосфата выбран из группы, состоящей из фосфатной породы, фосфатной руды, вторичных

источников фосфата, таких как зола, в частности, от шлама сточных вод или кости или жидкого свиного навоза, или их смесей.

13. Способ по любому из пп. 1-12, в котором стадию нейтрализации осуществляют при использовании нейтрализатора, выбранного из группы, состоящей из соединений на основе кальция, таких как оксид, гидроксид и карбонат кальция и растворимые в воде соли кальция и их смеси.

14. Применение моногидрофосфата кальция, полученного способом по любому из пп. 1-13, для производства фосфорной кислоты.

15. Применение моногидрофосфата кальция, полученного способом по любому из пп. 1-13, в пищевой промышленности или в сельскохозяйственном или плодоводческом секторе.