

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036232**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.10.16**

**(21)** Номер заявки  
**201891450**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2017.01.19**

**(51)** Int. Cl. **C01F 5/10** (2006.01)  
**C01F 5/30** (2006.01)  
**C07C 51/02** (2006.01)  
**C01B 7/03** (2006.01)

---

**(54) УЛУЧШЕННЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ РАСТВОРОВ ХЛОРИДА МАГНИЯ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ**

---

**(31)** 16151922.8

**(32)** 2016.01.19

**(33)** EP

**(43)** 2018.12.28

**(86)** PCT/EP2017/051087

**(87)** WO 2017/125496 2017.07.27

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ПУРАК БИОКЕМ БВ (NL)**

**(72)** Изобретатель:  
**Де Врис Йоханнес Ейхинус,  
Фредансиах Раймон (NL)**

**(74)** Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнагьев  
А.В. (RU)**

**(56)** GB-A-1311757  
US-A-3980753

**(57)** Изобретение относится к способу обработки растворов хлорида магния, включающему следующие стадии: подача водного раствора хлорида магния с концентрацией хлорида магния 10-30 мас.% на стадию концентрирования, где воду выпаривают, в результате чего получают концентрированный раствор хлорида магния с концентрацией хлорида магния 30-50 мас.%, причем стадию концентрирования проводят в одну или более стадию, где по меньшей мере одну из стадий проводят при абсолютном давлении по меньшей мере 0,11 МПа (1,1 бар абс.); отведение концентрированного раствора хлорида магния со стадии концентрирования и подача его в реактор термогидролиза, причем реактор находится при температуре по меньшей мере 300°C; отведение MgO из реактора термогидролиза в твердой форме и отведение содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, из реактора термогидролиза; подача содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, на стадию охлаждения, где содержащий HCl газовый поток контактирует с охлаждающей жидкостью; отведение содержащего HCl газового потока с температурой ниже 150°C со стадии охлаждения; циркуляция охлаждающей жидкости через теплообменник, где энергия от охлаждающей жидкости передается в нагревающую жидкость, которая циркулирует из теплообменника на стадию концентрирования. Изобретение также относится к способу получения карбоновых кислот, который включает, среди прочих стадий, обработку растворов хлорида магния, как описано выше.

**B1**

**036232**

**036232**

**B1**

Настоящее изобретение относится к способу обработки растворов хлорида магния, в частности растворов хлорида магния, полученных в результате производства органических соединений с помощью процесса ферментации. Настоящее изобретение также относится к способу получения карбоновых кислот с помощью процесса ферментации, в частности к способу, в котором образуются и обрабатываются растворы хлорида магния.

Когда карбоновые кислоты получают в процессе ферментации, часто добавляют нейтрализующий агент, чтобы поддерживать рН в оптимальном для микроорганизмов диапазоне. Нейтрализующий агент часто является основанием, например щелочной солью натрия, калия, кальция или магния. При этом карбоновая кислота будет присутствовать в ферментационной среде в виде ее соли, например карбоксилатной магниевой соли.

Карбоксилатная магниевая соль может быть превращена в карбоновую кислоту путем взаимодействия с неорганической кислотой, например HCl. В этом случае карбоксилат магния будет превращен в карбоновую кислоту и хлорид магния, причем последний обычно находится в виде водного раствора. После отделения карбоновой кислоты от раствора хлорида магния этот раствор должен быть дополнительно обработан. Один из способов обработки растворов хлорида магния заключается в проведении реакции термогидролиза при повышенных температурах, например выше 500°C, где хлорид магния реагирует с водой с образованием оксида магния и соляной кислоты.

Способы такого типа описаны в литературе. Например, в WO 00/17378 описан способ получения молочной кислоты, где в процессе ферментации получают раствор лактата магния. Этот раствор лактата магния подкисляют HCl, получая раствор, содержащий молочную кислоту в растворе хлорида магния. Молочную кислоту извлекают из раствора. Полученный раствор хлорида магния может быть подвергнут термогидролизу при температуре по меньшей мере 500°C, при этом хлорид магния взаимодействует с водой с получением порошка оксида магния и соляной кислоты. Тепло, требуемое для термогидролитической реакции, обеспечивается сжиганием топлива *in situ*. Следы органического вещества при этом выгорают.

В WO 2013/025106 описан способ получения карбоновых кислот с помощью способа, включающего стадии подкисления магниевой соли карбоновой кислоты HCl с образованием кислоты и раствора хлорида магния, и выделения кислоты из раствора путем осаждения. Указывается, что раствор хлорида магния может быть обработан путем термического разложения.

В WO 2015/000956 описан способ термического разложения растворов хлорида магния, в частности растворов, полученных при получении карбоновой кислоты путем ферментации. Способ включает в том числе следующие стадии:

подача водного раствора с концентрацией MgCl<sub>2</sub> 25-35 мас.% в предварительный концентратор, где он контактирует с содержащим HCl газовым потоком с температурой по меньшей мере 300°C;

подача водного раствора с концентрацией MgCl<sub>2</sub> 35-45 мас.%, полученного в результате предварительного концентрирования, в реактор термогидролиза, причем реактор находится при температуре по меньшей мере 300°C;

отведение MgO из реактора термогидролиза в твердой форме, а также отведение содержащего HCl газового потока из реактора термогидролиза, причем указанный содержащий HCl газовый поток имеет температуру по меньшей мере 300°C;

подача содержащего HCl газового потока с температурой по меньшей мере 300°C в предварительный концентратор;

отведение содержащего HCl газового потока с температурой не более 150°C из предварительного концентратора.

Хотя этот процесс и является привлекательным с точки зрения рециркуляции, и он позволяет отделять органические загрязняющие вещества, но для него требуется значительное количество энергии.

В данной области техники существует потребность в способе обработки растворов хлорида магния, который был бы более энергетически эффективен, чем способ, описанный в WO 2015/000956. Настоящее изобретение обеспечивает такой способ. Настоящее изобретение также относится к способу получения карбоновых кислот путем ферментации, включающему обработку растворов хлорида магния.

Настоящее изобретение относится к способу обработки растворов хлорида магния, включающему следующие стадии:

подача водного раствора хлорида магния с концентрацией хлорида магния 10-30 мас.% на стадию концентрирования, где воду выпаривают, в результате чего получают концентрированный раствор хлорида магния с концентрацией хлорида магния 30-50 мас.%, причем стадию концентрирования проводят в одну или более стадий, где по меньшей мере одну из стадий проводят при абсолютном давлении по меньшей мере 0,11 МПа (1,1 бар);

отведение концентрированного раствора хлорида магния со стадии концентрирования и подача его в реактор термогидролиза, причем реактор находится при температуре по меньшей мере 300°C;

отведение MgO из реактора термогидролиза в твердой форме, а также отведение содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, из реактора термогидролиза;

подача содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, на стадию охлаждения, где содержащий HCl газовый поток контактирует с охлаждающей жидкостью;  
 отведение содержащего HCl газового потока с температурой ниже 150°C со стадии охлаждения;  
 циркуляция охлаждающей жидкости через теплообменник, где энергия от охлаждающей жидкости передается в нагревающую жидкость, которая циркулирует из теплообменника на стадию концентрирования.

Настоящее изобретение также относится к способу получения карбоновой кислоты, включающему следующие стадии:

обработка источника углерода на стадии ферментации с образованием карбоновой кислоты, где карбоновая кислота представляет собой моно-, ди- или трикарбоновую кислоту, содержащую по меньшей мере 2, но не более 6 атомов углерода, причем эта стадия ферментации включает стадии ферментации источника углерода с помощью микроорганизмов в ферментационном бульоне с образованием карбоновой кислоты и нейтрализации по меньшей мере части карбоновой кислоты путем добавления основания магния, выбранного из оксида магния и гидроксида магния, получая таким образом карбоксилат магния;

обработка карбоксилата магния на стадии подкисления, где карбоксилат магния контактирует с HCl в водной среде с образованием водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния;

обработка водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния, на стадии разделения с образованием отходящего потока, содержащего карбоновую кислоту, и водного раствора хлорида магния;

подача водного раствора хлорида магния с концентрацией хлорида магния 10-30 мас.% на стадию концентрирования, где воду выпаривают, в результате чего получают концентрированный раствор хлорида магния с концентрацией хлорида магния 30-50 мас.%, причем стадию концентрирования проводят в одну или более стадий, при этом по меньшей мере одну из стадий проводят при абсолютном давлении по меньшей мере 0,11 МПа (1,1 бар);

отведение концентрированного раствора хлорида магния со стадии концентрирования и подача его в реактор термогидролиза, причем реактор находится при температуре по меньшей мере 300°C;

отведение MgO из реактора термогидролиза в твердой форме, а также отведение содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, из реактора термогидролиза;

подача содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, на стадию охлаждения, где содержащий HCl газовый поток контактирует с охлаждающей жидкостью;

отведение содержащего HCl газового потока с температурой ниже 150°C со стадии охлаждения;

циркуляция охлаждающей жидкости через теплообменник, где энергия от охлаждающей жидкости передается к нагревающей жидкости, которая циркулирует из теплообменника на стадию концентрирования.

Было обнаружено, что способ в соответствии с изобретением можно осуществлять энергетически более эффективно, чем способ, описанный в WO 2015/000956. Это будет показано ниже.

В способе, описанном в WO 2015/000956, испарение воды на стадии предварительного концентрирования происходит в присутствии содержащего HCl газового потока, полученного из реактора термогидролиза, который имеет температуру по меньшей мере 300°C. Это является выгодным, так как тепло, присутствующее в содержащем HCl газовом потоке, непосредственно помогает управлять выпариванием воды в предварительном концентрате. Однако наличие HCl ограничивает работу предварительного концентрата. В частности, чтобы предотвратить утечку HCl в окружающую среду, предварительный концентрат должен работать при давлении, которое немного ниже атмосферного. Максимальная температура раствора хлорида магния является температурой кипения при этом давлении. Максимальная концентрация раствора хлорида магния при этом представляет собой насыщенную концентрацию при этой температуре.

В способе по настоящему изобретению стадии концентрирования раствора хлорида магния и охлаждения содержащего HCl газового потока разделены таким образом, что они больше не происходят в той же самой установке. Это позволяет свободно выбирать давление и температуру на стадии концентрирования.

А именно, в способе согласно изобретению стадию концентрирования проводят в одну или более стадию, причем по меньшей мере одну из стадий проводят при повышенном давлении, тем самым увеличивается температура кипения раствора хлорида магния. Это, в свою очередь, приводит к увеличению насыщенной концентрации раствора хлорида магния, что позволяет получить более концентрированный раствор хлорида магния для установки термогидролиза без рисков, связанных с присутствием твердых частиц хлорида магния, которые, например, вызывают закупоривание жидкостных распылителей. В результате нужно испарять меньшее количество воды в установке термогидролиза, что обеспечивает энергетически более эффективный процесс и дает возможность уменьшить масштаб установок, находящихся ниже от нее.

Дополнительные преимущества настоящего изобретения и его конкретные воплощения станут очевидными из дальнейшего описания.

Способ и связанные с ним преимущества будут обсуждаться более подробно ниже. Будут сделаны ссылки на чертежи, но они не ограничиваются ими.

На фиг. 1 показана обработка раствора хлорида магния в соответствии с одним воплощением способа согласно изобретению.

На фиг. 2 показан способ получения карбоновых кислот в соответствии с одним воплощением по настоящему изобретению.

На фиг. 1 раствор хлорида магния подают по линии 1 в концентратор 2. В концентраторе 2 воду выпаривают и удаляют по линии 3. Более концентрированный раствор хлорида магния удаляют из концентратора 2 по линии 4 и подают в установку термогидролиза 5. Стадию концентрирования можно проводить в одном или более концентраторах дополнительные концентраторы не показаны. В установке термогидролиза 5 раствор хлорида магния контактирует с горячим газом, обычно газообразными продуктами сгорания, подаваемыми через линию 6. Хлорид магния разлагается с образованием оксида магния, который отводят по линии 7, и содержащего HCl газового потока с температурой по меньшей мере 300°C, который отводят по линии 8. Содержащий HCl газовый поток подают в охлаждающую установку 9, которая содержит охлаждающую жидкость. Охлажденный содержащий HCl газовый поток с температурой не более 150°C отводят из охлаждающей установки 9 через линию 10. Охлаждающая жидкость выходит из охлаждающей установки 9 и ее рециркулируют по линии 11 через теплообменник 12. Как правило, небольшой сброс охлаждающей жидкости будут отводить из линии 11 после теплообменника по линии, которая не показана. В теплообменнике 12 тепло передается от охлаждающей жидкости в линии 11 к нагревающей жидкости в линии 14. Линия 14 представляет собой петлю, которая проходит через теплообменник 12 и концентратор 2. Из фиг. 1 видно, что способ согласно изобретению, таким образом, позволяет использовать энергию, образующуюся при охлаждении содержащего HCl газового потока при концентрировании раствора хлорида магния без присутствия содержащего HCl газового потока и раствора хлорида магния в одной и той же установке. Это позволяет независимо оптимизировать стадию испарения.

Первой стадией способа согласно изобретению является подача водного раствора хлорида магния на стадию концентрирования. На стадии концентрирования концентрация хлорида магния увеличивается за счет испарения воды. Водный раствор хлорида магния, предназначенный для стадии концентрирования, обычно имеет концентрацию хлорида магния 10-30 мас.%, в частности 15-25 мас.%

Особенностью настоящего изобретения является то, что стадию концентрирования проводят на одной или более стадиях, причем по меньшей мере одну из стадий проводят при повышенном давлении. Это увеличивает температуру кипения раствора хлорида магния и при этом его концентрацию насыщения. По меньшей мере одну стадию на стадии концентрирования выполняют при абсолютном давлении по меньшей мере 0,11 МПа (1,1 бар). Максимальное значение может составлять 1,0 МПа (10 бар). Считают, что более предпочтительно проводить стадию концентрирования при абсолютном давлении в интервале 0,11-0,30 МПа (1,1-3 бар), в частности, в интервале 0,15-0,25 МПа (1,5-2,5 бар), особенно в интервале 0,15-0,2 кПа (1,5-2 бар).

Температура раствора хлорида магния, полученного на стадии концентрирования, обычно находится в интервале 100-170°C. Предпочтительно температура составляет по меньшей мере 120°C, в частности, по меньшей мере 130°C, в частности, по меньшей мере 140°C или, в частности, по меньшей мере 145°C. Как было указано выше, более высокие температуры являются предпочтительными, поскольку они позволяют получать более высокие концентрации хлорида магния. С другой стороны, если для повышения температуры требуется дополнительная энергия, это, конечно, менее предпочтительно. Поэтому может быть предпочтительным, чтобы температура составляла не более 160°C, в частности не более 155°C.

Как было объяснено выше, в способе, описанном в WO 015/000956, невозможно выполнить стадию испарения при повышенном давлении из-за присутствия HCl.

Стадия концентрирования в способе согласно изобретению может быть проведена в одну или множество стадий. В тех случаях, когда стадию концентрирования проводят за множество стадий, то предпочтительно ее можно проводить в 2-10 стадий, в частности в 2-6 стадий.

В одном воплощении стадия концентрирования представляет собой стадию концентрирования, осуществляемую за множество стадий, где пар отводят с первой стадии концентрирования и подают в виде нагревающей жидкости на последующую стадию концентрирования. В этом воплощении предпочтительно каждую стадию концентрирования, за исключением первой стадии, снабжают паром из предшествующей стадии концентрирования в качестве нагревающей жидкости.

В одном воплощении многостадийное концентрирование проводят в многокорпусном испарителе. Многокорпусный испаритель включает набор испарительных сосудов, где каждый сосуд работает под давлением, которое ниже давления, чем в предыдущем сосуде. Поскольку температура кипения воды уменьшается по мере уменьшения давления, пары, выкипающие из одного сосуда, могут быть использованы для нагрева следующего, и только первый сосуд (находящийся при самом высоком давлении) требует внешнего источника тепла. Многокорпусные испарители известны в технике и не требуют здесь дальнейшего разъяснения.

В одном воплощении по настоящему изобретению используют парокompрессионное испарение на стадии концентрирования в способе согласно изобретению, или на одной или более его стадии. При парокompрессионном испарении пар, образующийся при испарении, сжимают, например, с помощью нагнетателя, компрессора или струйного эжектора для увеличения давления. Поскольку увеличение давления приводит к увеличению температуры конденсации, пар можно рециркулировать в качестве нагревающей среды для концентрируемого раствора, из которого первоначально генерируется пар. Этот процесс иногда называют парокompрессионной дистилляцией (ПКД). В тех случаях, когда сжатие выполняют механическими средствами, этот процесс иногда также называют механической рекомпрессией пара (МРП). Парокompрессионное испарение известно в данной области и не требует здесь дальнейшего разъяснения.

В дополнение к причинам, приведенным выше, использование многостадийного концентрирования также может быть предпочтительным в случае, когда раствор хлорида магния содержит значительное количество летучих органических соединений. Это может быть, например, в том случае, если раствор хлорида магния получают способом, в котором присутствуют органические соединения, например, в форме экстрагентов. В этом случае при использовании многостадийного концентрирования на первой стадии испарения происходит удаление летучих органических компонентов и относительно ограниченного количества воды, а на дальнейших стадиях испарения происходит удаление основного количества воды. В одном воплощении стадия концентрирования в способе согласно изобретению представляет собой многостадийное концентрирование, где в концентрированном продукте, полученном на первой стадии испарения, общее содержание летучих органических соединений (ЛОС) составляет по меньшей мере 50% от содержания летучих органических соединений в водном растворе, подаваемом на первую стадию испарения, в частности, по меньшей мере составляет 30%, более предпочтительно по меньшей мере составляет 15%. Предпочтительно, чтобы в концентрированном продукте после первой стадии испарения содержание ЛОС составляло не более 1000 част./млн (0,1 мас.%), в частности, не более 500 част./млн, в частности, не более 200 част./млн. Летучие органические соединения определены в контексте этого описания как соединения, которые являются более летучими, чем вода, в условиях первой стадии испарения. Термин "более летучий" означает, что процентное содержание летучего компонента, который испаряется на первой стадии испарения, больше, чем процентное содержание воды, которая испаряется на первой стадии испарения.

На стадии концентрирования воду выпаривают, получая водный раствор хлорида магния, в котором концентрация хлорида магния выше, чем концентрация исходного раствора. В концентрированном растворе хлорида магния, полученном после стадии концентрирования (одностадийная или многостадийная), обычно концентрация хлорида магния составляет 30-50 мас.%, в частности, 35-48 мас.%.

Преимущество способа согласно изобретению заключается в том, что на этой стадии могут быть получены относительно высокие концентрации хлорида магния, что приводит к тому, что в установку для термогидролиза поступает меньше воды. Поэтому предпочтительно, чтобы раствор хлорида магния, поступающий на термогидролиз, имел концентрацию по меньшей мере 40 мас.%. В частности, может быть предпочтительным интервал 44-47 мас.%.

Как указано выше, температура этого раствора может быть довольно высокой, например по меньшей мере 120°C, в частности, по меньшей мере 130°C, в частности, по меньшей мере 140°C или, в частности, по меньшей мере 145°C. Как было указано выше, при таких высоких температурах раствор по-прежнему будет находиться ниже его концентрации насыщения, тем самым уменьшается риск образования твердых частиц хлорида магния, препятствующих обработке раствора. Для дополнительной информации сделана ссылка на то, что было указано выше для раствора, полученного на стадии концентрирования (который является раствором, подаваемым в установку термогидролиза).

Специалисту в данной области будет очевидно, что температуру, давление и концентрацию раствора хлорида магния, полученного на стадии концентрирования и направляемого в реактор термогидролиза, следует выбирать таким образом, чтобы раствор находился в жидкой фазе и не содержал твердый осадок хлорида магния, который будет препятствовать дальнейшей обработке. В компетенцию специалиста входит умение сбалансировать эти параметры на основе руководства, данного в этом описании. Более конкретно, в одном воплощении раствор, подаваемый в установку термогидролиза, должен содержать не более 1 мас.%, твердых частиц, в частности, не более 0,5 мас.%, а лучше, в частности, не более 0,2 мас.%, еще лучше, в частности, не более 0,1 мас.%, даже лучше, в частности, не более 0,05 мас.% или не более 0,01 мас.%. В одном воплощении раствор, подаваемый в установку термогидролиза, по существу не содержит твердых частиц.

Газовый поток, содержащий воду, отводят со стадии концентрирования, и он может быть обработан по желанию, например, путем конденсации воды для выработки тепла.

Водный раствор хлорида магния, полученный на стадии концентрирования, подают в реактор термогидролиза. В реакторе термогидролиза хлорид магния реагирует с водой с образованием оксида магния и HCl. Подходящие устройства для проведения стадии термогидролиза, также обозначенной здесь как стадия термического разложения, известны в данной области техники. Например, можно использовать печь для обжига с распылением или печь для обжига с псевдоожиженным слоем. Такие устройства

можно, например, приобрести в SMS Siemag, Andritz, Tenova и CMI Chemline. Предпочтительно используют печь для обжига с распылением. Печь для обжига с распылением имеет низкие энергетические затраты (также по сравнению с печью для обжига с псевдоожиженным слоем), поскольку для нее требуются относительно низкие температуры (как описано ниже). Было также дополнительно обнаружено, что в печи для обжига с распылением образовывались реакционноспособные частицы MgO, которые хорошо подходят для использования в качестве нейтрализующего агента при ферментации. Термическое разложение проводят при температуре не менее 300°C, которая является минимальной температурой, при которой происходит разложение MgCl<sub>2</sub>. Термическое разложение предпочтительно проводят при температуре, составляющей по меньшей мере 350°C. Из-за затрат энергии температура предпочтительно составляет ниже 1000°C, более предпочтительно ниже 800°C, еще более предпочтительно ниже 600°C. Кроме того, использование слишком высокой температуры на стадии термического разложения нежелательно, поскольку уменьшается реакционная способность образующегося MgO, так что он будет менее подходить для использования в качестве нейтрализующего агента при ферментации. Например, температура, при которой происходит термическое разложение, может составлять 350-600°C или 400-500°C. Указанная температура - это температура газов, когда они выходят из установки.

Термическое разложение, применяемое в настоящем изобретении, предпочтительно проводят при давлении 0,01-1,0 МПа (0,1-10 бар). Однако использование повышенного давления может быть нежелательным из-за повышенного риска коррозии в нижестоящих установках по причине невозможности конденсации HCl. Термическое разложение предпочтительно проводят при атмосферном давлении, в частности, при использовании печи для обжига, чтобы избежать ненужных энергозатрат и необходимости дорогого оборудования высокого давления. Давление предпочтительно может находиться в диапазоне 0,09-0,1 МПа (0,9-1 бар) для предотвращения выброса HCl.

После стадии термического разложения MgO удаляют в твердой форме. Он может быть обработан по желанию. Одна из возможностей обработки этого материала будет рассмотрена далее.

Содержащий HCl газовый поток с температурой по меньшей мере 300°C отводят со стадии термического разложения и подают на стадию охлаждения. На стадии охлаждения содержащий HCl газовый поток контактирует с охлаждающей жидкостью. Температура содержащего HCl газового потока, подаваемого на стадию охлаждения, находится в диапазоне, указанном выше для температуры во время стадии термогидролиза. Концентрация HCl в газовом потоке обычно находится в диапазоне 5-15 мас.%, в частности, 7-12 мас.%. Содержащий HCl газовый поток обычно содержит 20-50 мас.% воды, в частности, 30-45 мас.%. В зависимости от дополнительных компонентов содержащий HCl газовый поток обычно содержит по меньшей мере 25 мас.% инертного газа, в частности инертного газа, выбранного из группы, состоящей из N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и их смесей (таких как воздух). Это может происходить, например, в результате термогидролиза, проводимого в присутствии инертных газов, например в присутствии воздуха. Концентрация инертного газа может быть выше, например составлять по меньшей мере 50 мас.%. В одном воплощении газ может содержать 40-80 мас.% газообразного азота. Газ может содержать до 95 мас.% инертного газа. В одном воплощении газ, полученный при термогидролизе MgCl<sub>2</sub>, содержит 40-50 мас.% N<sub>2</sub>, 0-5 мас.% O<sub>2</sub> и 5-15 мас.% CO<sub>2</sub>.

Содержащий HCl газовый поток с температурой не более 150°C отводят со стадии охлаждения. Его можно использовать по желанию либо как газовый поток, либо после его превращения в водный раствор HCl. Один вариант для обработки содержащего HCl газового потока будет обсуждаться далее. Содержащий HCl газовый поток обычно имеет температуру в диапазоне 90-150°C, в частности 100-120°C.

Для состава содержащего HCl газового потока, отведенного со стадии охлаждения, сделана ссылка на то, что указано выше для содержащего HCl газового потока, поступающего на стадию охлаждения.

Охлаждающая жидкость, используемая на стадии охлаждения, обычно представляет собой водную жидкость. Нужно отметить, что некоторое количество HCl из содержащего HCl газового потока может растворяться в охлаждающей жидкости, что приводит к образованию раствора HCl. Кроме того, содержащий HCl газовый поток может содержать некоторое количество пылевидного оксида магния, полученного на стадии термического разложения. Он также будет растворяться в водной жидкости. При этом, даже когда процесс начинают, используя воду в качестве охлаждающей жидкости, то во время процесса охлаждающая жидкость обычно будет представлять собой кислый раствор хлорида магния. Чтобы предотвратить накопление хлорида магния и HCl в охлаждающей жидкости, небольшая часть охлаждающей жидкости может быть удалена из системы. Вода может быть добавлена для компенсации удаленной охлаждающей жидкости. В компетенцию специалиста в данной области входит решение этой проблемы.

Охлаждающую жидкость рециркулируют через жидкостно-жидкостный теплообменник, где энергия от охлаждающей жидкости передается к нагревающей жидкости, которая циркулирует от теплообменника на стадию концентрирования. Таким образом, энергия от горячего содержащего HCl газового потока передается к охлаждающей жидкости на стадии охлаждения, затем передается к нагревающей жидкости в теплообменнике и, наконец, передается на стадию концентрирования, где с помощью нее происходит испарение воды для увеличения концентрации раствора хлорида магния.

Теплообменники и их эксплуатация известны в технике и не требуют здесь дальнейшего разъяснения. Может быть предпочтительным, чтобы охлаждающая и нагревающая жидкости подавались в теплообменник противотоком, поскольку это приводит к эффективному теплообмену из-за большой разности температур. Как известно специалисту, в жидкостно-жидкостных теплообменниках нагревающая жидкость не находится в непосредственном контакте с охлаждающей жидкостью. Эти жидкости находятся в косвенном контакте, в результате чего энергия может передаваться от одной жидкости к другой.

Природа нагревающей жидкости не является критической для изобретения. Вода является подходящей средой, но возможны и другие жидкости. Специалист в данной области может выбрать подходящую жидкость.

Температура охлаждающей жидкости, выходящей со стадии охлаждения и перед поступлением ее в теплообменник, обычно находится в диапазоне 90-150°C, в частности 100-120°C. Точная температура будет зависеть, среди прочего, от температур, при которых содержащий HCl газовый поток поступает и покидает охлаждающую установку и точки кипения охлаждающей жидкости. В этом контексте следует отметить, что температура кипения охлаждающей жидкости может быть значительно выше 100°C из-за присутствия растворенного хлорида магния и HCl.

В теплообменнике температура охлаждающей жидкости уменьшается. Температура охлаждающей жидкости при ее выходе из теплообменника по меньшей мере на 2°C, в частности, по меньшей мере на 5°C, в некоторых воплощениях по меньшей мере на 10°C ниже температуры охлаждающей жидкости при ее поступлении в теплообменник. Как правило, температура охлаждающей жидкости при ее выходе из теплообменника находится в интервале 80-120°C, в зависимости, среди прочего, от температуры охлаждающей жидкости перед ее входом в теплообменник.

Как очевидно специалисту в данной области, поскольку целью теплообменника является передача тепла от охлаждающей жидкости к нагревающей жидкости, температура охлаждающей жидкости будет выше температуры нагревающей жидкости по меньшей мере в одном месте, где две жидкости находятся в косвенном контакте.

Нагревающая жидкость циркулирует от теплообменника на стадию концентрирования. Температура нагревающей жидкости при поступлении ее в теплообменник по большей части такая же, как и температура охлаждающей жидкости при выходе ее из теплообменника. Как правило, температура нагревающей жидкости, когда она поступает в теплообменник, находится в интервале 70-95°C. Температура нагревающей жидкости, когда она выходит из теплообменника, по меньшей мере на 2°C, в частности по меньшей мере на 5°C, в некоторых воплощениях по меньшей мере на 10°C выше температуры нагревающей жидкости, когда она поступает в теплообменник. Как правило, температура нагревающей жидкости на выходе из теплообменника составляет 85-115°C.

Нагревающая жидкость циркулирует к концентратору, где энергия от нее передается к концентрированному раствору хлорида магния. Нагревающая жидкость обычно не находится в непосредственном контакте с раствором хлорида магния на стадии концентрирования. Контакт является косвенным, так что энергия может передаваться от нагревающей жидкости к испаряемому раствору хлорида магния. Это может быть осуществлено различными способами, что будет очевидно для специалиста в данной области. Например, это может быть осуществлено путем непосредственной циркуляции нагревающей жидкости через нагреваемую сторону концентратора. Это также может быть осуществлено косвенно путем циркуляции нагревающей жидкости через нагреваемую сторону концентратора или косвенно путем, например, циркуляции нагревающей жидкости через (вакуумный) расширитель с образованием пара, который отдает тепло концентратору. Выбранное воплощение зависит от того, что является предпочтительнее в качестве нагревающего элемента концентратора горячая жидкость или пар. Специалист в данной области может выбрать подходящую конфигурацию.

Способ согласно изобретению особенно подходит для включения в способ получения органических компонентов, в частности карбоновых кислот с использованием стадии ферментации.

В одном воплощении изобретение, таким образом, относится к способу получения карбоновой кислоты, включающему следующие стадии:

обработка источника углерода на стадии ферментации с образованием карбоновой кислоты, где карбоновая кислота представляет собой моно-, ди- или трикарбоновую кислоту, содержащую по меньшей мере 2, но не более 6 атомов углерода, причем эта стадия ферментации включает стадии ферментации источника углерода с помощью микроорганизмов в ферментационном бульоне с образованием карбоновой кислоты и нейтрализации по меньшей мере части карбоновой кислоты путем добавления основания магния, выбранного из оксида магния и гидроксида магния, получая таким образом карбоксилат магния;

обработка карбоксилата магния на стадии подкисления, где карбоксилат магния контактирует с HCl в водной среде с образованием водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния;

обработка водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния, на стадии разделения, с образованием отходящего потока, содержащего карбоновую кислоту и водный раствор хлорида магния;

подача водного раствора хлорида магния с концентрацией хлорида магния 10-30 мас.% на стадию концентрирования, где воду выпаривают, в результате чего получают концентрированный раствор хлорида магния с концентрацией хлорида магния 30-50 мас.%, причем стадию концентрирования проводят в одну или более стадию, при этом по меньшей мере одну из стадий проводят при абсолютном давлении по меньшей мере 0,11 МПа (1,1 бар абс);

отведение концентрированного раствора хлорида магния со стадии концентрирования и подача его в реактор термогидролиза, причем реактор находится при температуре по меньшей мере 300°C;

отведение MgO из реактора термогидролиза в твердой форме, а также отведение содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, из реактора термогидролиза;

подача содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, на стадию охлаждения, где содержащий HCl газовый поток контактирует с охлаждающей жидкостью;

отведение содержащего HCl газового потока с температурой ниже 150°C со стадии охлаждения;

циркуляция охлаждающей жидкости через теплообменник, где энергия от охлаждающей жидкости передается к нагревающей жидкости, которая циркулирует из теплообменника на стадию концентрирования.

В предпочтительном воплощении оксид магния, выведенный из реактора термогидролиза, рециркулируют по меньшей мере частично на стадию ферментации. Это можно сделать в форме MgO или после превращения его в гидроксид магния, например путем контактирования оксида магния с водой с получением суспензии гидроксида магния.

В предпочтительном воплощении содержащий HCl газовый поток, полученный на стадии охлаждения, рециркулируют по меньшей мере частично на стадию подкисления. В одном воплощении содержащий HCl газовый поток преобразуют в раствор HCl, поглощая его водой, а этот раствор рециркулируют на стадию подкисления. В другом воплощении содержащий HCl газовый поток подают на стадию подкисления в газообразной форме. Особенно предпочтительно применять комбинацию из рециркулирования MgO и рециркулирования HCl, описанную выше. Различные стадии в интегрированном процессе, которые являются дополнительными к обработке раствора хлорида магния, будут рассмотрены ниже.

На первой стадии источник углерода подвергают стадии ферментации с образованием карбоновой кислоты, причем эта стадия ферментации включает стадии ферментации источника углерода с помощью микроорганизмов в ферментационном бульоне с образованием карбоновой кислоты и нейтрализацию по меньшей мере части карбоновой кислоты путем добавления основания магния, выбранного из оксида магния и гидроксида магния, получая таким образом карбоксилат магния.

Процессы ферментации для получения карбоновых кислот известны в данной области и не требуют здесь дальнейшего разъяснения. Специалист в данной области может выбрать, используя свои общие знания, подходящий процесс ферментации, в зависимости от желаемой кислоты, которую нужно получить, источник углерода и доступные микроорганизмы.

Продукт процесса ферментации представляет собой ферментационный бульон, который представляет собой водную жидкость, содержащую карбоксилат магния, биомассу и возможно дополнительные компоненты, например примеси, такие как сахара, белки и соли. Если есть необходимость, то ферментационный бульон может быть подвергнут стадии удаления биомассы, например стадии фильтрации перед дальнейшей обработкой. Это обычно является предпочтительным для улучшения качества продукта. В зависимости от получаемой карбоновой кислоты еще одной промежуточной стадией может быть отделение твердого продукта реакции, например карбоксилата магния от ферментационного бульона до, после или во время удаления биомассы, и возможно обработка карбоксилат магния на стадии промывки.

В зависимости от получаемой карбоновой кислоты еще одна промежуточная стадия может состоять в концентрировании ферментационного бульона для увеличения концентрации карбоксилата магния в композиции перед подкислением. Эта стадия может быть выполнена до, после или во время удаления биомассы. Другие промежуточные стадии, например стадии очистки, могут быть выполнены по желанию, как это будет очевидно специалисту в данной области.

Следующей стадией в интегрированном способе согласно изобретению является обработка карбоксилата магния на стадии подкисления, на которой карбоксилат магния контактирует с HCl в водной среде с образованием водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния. Существуют различные способы осуществления этой стадии. Стадию подкисления обычно проводят путем контактирования карбоксилатной соли с кислым раствором HCl. Однако в некоторых воплощениях также можно приводить в контакт карбоксилатную соль с газообразным HCl.

Карбоксилатная соль может быть в твердой и/или растворенной форме. В одном воплощении карбоксилатная соль представлена в твердой форме. В этом случае стадию подкисления проводят путем контактирования карбоксилатной соли с кислым раствором. Преимущество при приготовлении водной смеси из карбоксилатной соли в твердой форме заключается в том, что можно получить очень высокую концентрацию карбоновой кислоты, например по меньшей мере 15 мас.%, в частности, по меньшей мере 25 мас.%, вплоть до, например, 50 мас.% или, например, 40 мас.%.

Карбоксилатная соль также может быть в растворенной форме, как правило, в виде водного раствора. В этом случае стадию подкисления можно проводить путем контактирования карбоксилатной соли с

кислым раствором или кислым газом.

Стадию подкисления можно также проводить, используя смесь карбоновой кислоты и карбоксилатной соли. Такую смесь можно, например, получить при ферментации с низким рН. Смесь может представлять собой, например, водную суспензию.

Когда подкисление карбоксилатной соли проводят путем ее контактирования с кислым раствором HCl, то кислота предпочтительно имеет высокую концентрацию настолько это возможно. Такая высокая концентрация кислоты обеспечивает получение водной смеси с высокой концентрацией карбоновой кислоты, что является желательным. Таким образом, кислый раствор содержит по меньшей мере 5 мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 10 мас.% и еще более предпочтительно по меньшей мере 20 мас.% кислоты в расчете на общую массу кислого раствора.

Подкисление обычно проводят с использованием избытка кислоты. Избыток предпочтительно является небольшим, так что полученная водная смесь не является очень кислой, что может быть нежелательно с точки зрения дальнейшей обработки такой смеси.

Например, избыток используемой кислоты может быть таким, что полученная водная смесь будет иметь рН 2 или ниже, предпочтительно рН 0-1.

В случае использования газообразного HCl можно контактировать его с раствором или суспензией карбоксилата. В частности, газообразный HCl можно продувать через раствор или суспензию.

Подкисление предпочтительно проводят при температуре 75°C или ниже. При более высоких температурах становится неэкономичным адаптировать оборудование к жестким условиям кислой среды при высоких температурах.

В результате после стадии подкисления образуется водная жидкость, содержащая карбоновую кислоту и хлорид магния. Эту водную жидкость подвергают стадии разделения, возможно после того, как были проведены промежуточные стадии обработки, такие как стадия концентрирования.

Подходящие стадии разделения известны в данной области техники. Характер используемой стадии зависит от природы и свойств кислот.

Когда карбоновая кислота полностью или частично присутствует в виде твердого вещества в водной жидкости, разделение можно осуществлять, используя обычные способы разделения твердой и жидкой фаз, такие как фильтрация, центрифугирование и т.д.

Когда карбоновая кислота полностью или частично присутствует в виде отдельной органической фазы в водной жидкости, разделение можно осуществлять, используя обычные способы разделения жидкость-жидкость, такие как декантация, осаждение, центрифугирование, а также используя пластинчатые сепараторы, коагуляторы и гидроциклоны.

Для повышения эффективности разделения может быть добавлен экстрагент. Можно также использовать комбинацию различных способов и устройств.

Когда карбоновая кислота растворена в водной жидкости, разделение можно осуществлять, используя, например, экстракцию подходящим экстрагентом.

Когда экстрагент присутствует в способе согласно изобретению, то экстрагент, который также называют экстрагирующим агентом, по существу не смешиваем с водой. При использовании экстрагента на стадии разделения происходит образование двухфазной системы, которая содержит жидкий органический слой, содержащий экстрагирующий агент и карбоновую кислоту, и водный слой, содержащий растворенный хлорид магния.

Примерами подходящих экстрагентов являются алифатические и ароматические углеводороды, такие как алканы и ароматические соединения, кетоны и простые эфиры. Можно также использовать смеси различных соединений. Примерами подходящих алифатических алканов являются C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-линейные, разветвленные или циклические алканы, например октан, гексан, циклогексан, 2-этилгексан и гептан.

Примерами подходящих ароматических соединений являются C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-ароматические соединения, например толуол, ксилолы и этилбензол.

Примерами подходящих кетонов в настоящем изобретении являются C<sub>5</sub><sup>+</sup> кетоны, более предпочтительно, в частности, C<sub>5</sub>-C<sub>8</sub>-кетоны. C<sub>5</sub><sup>+</sup> обозначает кетоны по меньшей мере с 5 атомами углерода. Использование C<sub>9</sub><sup>+</sup> кетонов является менее предпочтительным. Было обнаружено, что использование метилбутилкетона (МИБК) является особенно привлекательным.

Примерами подходящих простых эфиров являются C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>-эфиры, например метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) и диэтиловый эфир (ДЭЭ).

Природа получаемой карбоновой кислоты не является критичной для интегрированного процесса в соответствии с изобретением.

Карбоновая кислота представляет собой моно-, ди- или трикарбоновую кислоту, содержащую по меньшей мере 2, но не более 6 атомов углерода (C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>-карбоновая кислота). В одном воплощении карбоновая кислота выбрана из группы, состоящей из молочной кислоты, янтарной кислоты, пропионовой кислоты, 3-гидроксипропионовой кислоты, 2-, 3- и 4-гидроксимасляной кислоты, лимонной кислоты, фумаровой кислоты, итаконовой кислоты, адипиновой кислоты, акриловой кислоты, леулиновой кислоты, малеиновой кислоты, 2,5-фурандикарбоновой кислоты, яблочной кислоты и винной кислоты. Карбоновая кислота предпочтительно выбрана из группы, состоящей из молочной кислоты, янтарной кислоты,

пропионовой кислоты, 3-гидроксипропионовой кислоты, 2-, 3- и 4-гидроксимасляной кислоты и лимонной кислоты.

В одном воплощении карбоновая кислота выбрана из монокарбоновых кислот с 2-6 атомами углерода. В одном воплощении монокарбоновая кислота с 2-6 атомами углерода не содержит гидроксильных групп. В этой группе примерами подходящих кислот являются пропионовая кислота, акриловая кислота, масляная кислота и валериановая кислота.

В другом воплощении монокарбоновая кислота содержит по меньшей мере одну гидроксильную группу. В пределах этой группы в одном воплощении кислота может быть предпочтительно выбрана из группы, состоящей из молочной кислоты, гликолевой кислоты, 3-гидроксипропионовой кислоты, 2-, 3- и 4-гидроксимасляной кислоты. В другом воплощении в пределах этой группы кислота может быть предпочтительно выбрана из группы, состоящей из гликолевой кислоты, 3-гидроксипропионовой кислоты и 2-, 3- и 4-гидроксимасляной кислоты. В еще одном воплощении кислота может быть предпочтительно молочной кислотой.

В другом воплощении карбоновая кислота представляет собой поликарбоновую кислоту, в частности, ди- или трикарбоновую кислоту, содержащую по меньшей мере 2, но не более 6 атомов углерода ( $C_2$ - $C_6$ -карбоновая кислота). В одном воплощении поликарбоновая кислота выбрана из группы, состоящей из янтарной кислоты, лимонной кислоты, фумаровой кислоты, итаконовой кислоты, адипиновой кислоты, малеиновой кислоты, 2,5-фурандикарбоновой кислоты, яблочной кислоты и винной кислоты. Поликарбоновую кислоту предпочтительно выбирают из группы, состоящей из янтарной кислоты, лимонной кислоты, фумаровой кислоты, итаконовой кислоты, адипиновой кислоты и 2,5-фурандикарбоновой кислоты. Поликарбоновая кислота, в частности, может быть выбрана из янтарной кислоты, фумаровой кислоты, итаконовой кислоты и 2,5-фурандикарбоновой кислоты.

На фиг. 2 показано воплощение способа согласно изобретению, включающее стадию ферментации, стадию подкисления и рециркуляцию  $MgO$  и  $HCl$ . На фиг. 2 стадию ферментации проводят в ферментационном реакторе 101, который снабжен источником углерода и возможно дополнительными компонентами, такими как питательные вещества, которые подаются по линиям не показаны. На стадии ферментации источник углерода ферментируют с помощью микроорганизмов в ферментационном бульоне с образованием карбоновой кислоты и нейтрализуют по меньшей мере часть карбоновой кислоты путем добавления основания магния, получая таким образом карбоксилат магния. Основание магния добавляют по линии 7. Основание магния получают из  $MgO$ , полученного на стадии термического разложения.  $MgO$  можно использовать как таковой или после суспендирования в водной жидкости, или он может быть превращен в гидроксид магния на стадиях (не показаны).

Ферментационный бульон, содержащий карбоксилатную соль магния, подают на стадию подкисления 103 по линии 102. Промежуточные стадии, такие как удаление биомассы или концентрирование, могут быть выполнены (не показаны). На стадии подкисления 103 карбоксилат магния контактирует с  $HCl$  в водной среде с образованием водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния.  $HCl$  подают по линии 10 и выводят из концентратора 2. Он может быть представлен в виде содержащего  $HCl$  газового потока, непосредственно полученного из предварительного концентратора 2. Он также может быть представлен в виде водного раствора, полученного поглощением содержащего  $HCl$  газового потока водной жидкостью (например, водой). Поглощение будет происходить на этапе абсорбции (не показано).

Водную смесь, содержащую карбоновую кислоту и хлорид магния, подают на стадию разделения 105 по линии 104. Стадию разделения можно проводить, как описано выше. На стадии разделения 105 происходит образование потока, содержащего карбоновую кислоту, и раствора хлорида магния. Товарную карбоновую кислоту отводят по линии 106. Раствор хлорида магния отводят по линии 1 и обрабатывают далее, как описано выше в контексте фиг. 1.

Специалисту должно быть очевидно, что в способе согласно изобретению предпочтительные воплощения различных стадий могут быть объединены, если они не являются взаимоисключающими.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки растворов хлорида магния, включающий стадии:
  - подача водного раствора хлорида магния с концентрацией хлорида магния 10-30 мас.% на стадию концентрирования, где воду выпаривают, в результате чего получают концентрированный раствор хлорида магния с концентрацией хлорида магния 30-50 мас.%, причем стадию концентрирования проводят в одну или более стадий, где по меньшей мере одну из стадий проводят при абсолютном давлении по меньшей мере 0,11 МПа (1,1 бар);
  - отведение концентрированного раствора хлорида магния со стадии концентрирования и подача его в реактор термогидролиза, причем реактор находится при температуре по меньшей мере 300°C;
  - отведение MgO из реактора термогидролиза в твердой форме, а также отведение содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, из реактора термогидролиза;
  - подача содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, на стадию охлаждения, где содержащий HCl газовый поток контактирует с охлаждающей жидкостью;
  - отведение содержащего HCl газового потока с температурой ниже 150°C со стадии охлаждения;
  - циркуляция охлаждающей жидкости через теплообменник, где энергия от охлаждающей жидкости передается к нагревающей жидкости, которая циркулирует из теплообменника на стадию концентрирования.
2. Способ по п.1, в котором стадию концентрирования осуществляют в одну или более стадий, причем по меньшей мере одну из стадий осуществляют при абсолютном давлении не более 1,0 МПа (10 бар), предпочтительно в интервале 0,11-0,3 МПа (1,1-3 бар), предпочтительно в интервале 0,15-0,25 МПа (1,5-2,5 бар), предпочтительно в интервале 0,15-0,2 МПа (1,5-2 бар).
3. Способ по п.1 или 2, в котором стадию концентрирования проводят более чем в одну стадию.
4. Способ по п.3, в котором пар отводят с первой стадии концентрирования и подают в виде нагревающей жидкости на последующую стадию концентрирования.
5. Способ по п.3 или 4, в котором многостадийное концентрирование проводят в многокорпусном испарителе.
6. Способ по любому из пп.1-5, в котором используют пароконденсационное испарение на стадии концентрирования или на одной или более его стадиях.
7. Способ по любому из пп.1-6, в котором концентрация раствора хлорида магния, подаваемого на стадию термогидролиза, составляет 30-48 мас.%, предпочтительно 35-48 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 40 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 45 мас.%, а температура составляет 100-170°C, предпочтительно по меньшей мере 120°C, предпочтительно по меньшей мере 130°C, предпочтительно по меньшей мере 140°C, предпочтительно по меньшей мере 145°C.
8. Способ по любому из пп.1-7, в котором температура охлаждающей жидкости при выходе со стадии охлаждения и перед ее поступлением в теплообменник находится в интервале 90-150°C.
9. Способ по любому из пп.1-8, в котором температура охлаждающей жидкости, выходящей из теплообменника, по меньшей мере на 2°C, предпочтительно по меньшей мере на 5°C, предпочтительно по меньшей мере на 10°C ниже температуры охлаждающей жидкости, поступающей в теплообменник.
10. Способ по любому из пп.1-9, в котором температура нагревающей жидкости, поступающей в теплообменник, находится в интервале 70-95°C.
11. Способ по любому из пп.1-10, в котором температура нагревающей жидкости, выходящей из теплообменника, по меньшей мере на 2°C, предпочтительно по меньшей мере на 5°C, предпочтительно по меньшей мере на 10°C выше температуры нагревающей жидкости, поступающей в теплообменник.
12. Способ по любому из пп.1-11, в котором нагревающая жидкость циркулирует через расширитель, который обеспечивает концентратор для стадии концентрирования паром.
13. Способ получения карбоновой кислоты, включающий следующие стадии:
  - обработка источника углерода на стадии ферментации с образованием карбоновой кислоты, где карбоновая кислота представляет собой моно-, ди- или трикарбоновую кислоту, содержащую по меньшей мере 2, но не более 6 атомов углерода, причем эта стадия ферментации включает стадии ферментации источника углерода с помощью микроорганизмов в ферментационном бульоне с образованием карбоновой кислоты и нейтрализации по меньшей мере части карбоновой кислоты путем добавления основания магния, выбранного из оксида магния и гидроксида магния, получая таким образом карбоксилат магния;
  - обработка карбоксилата магния на стадии подкисления, где карбоксилат магния контактирует с HCl в водной среде с образованием водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния;
  - обработка водной смеси, содержащей карбоновую кислоту и хлорид магния, на стадии разделения с образованием отходящего потока, содержащего карбоновую кислоту, и водного раствора хлорида магния;
  - подача водного раствора хлорида магния с концентрацией хлорида магния 10-30 мас.% на стадию концентрирования, где воду выпаривают, в результате чего получают концентрированный раствор хлорида магния;

рида магния с концентрацией хлорида магния 30-50 мас.%, причем стадию концентрирования проводят в одну или более стадию, где по меньшей мере одну из стадий проводят при абсолютном давлении по меньшей мере 0,11 МПа (1,1 бар);

отведение концентрированного раствора хлорида магния со стадии концентрирования и подача его в реактор термогидролиза, причем реактор находится при температуре по меньшей мере 300°C;

отведение MgO из реактора термогидролиза в твердой форме, а также отведение содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, из реактора термогидролиза;

подача содержащего HCl газового потока, имеющего температуру по меньшей мере 300°C, на стадию охлаждения, где содержащий HCl газовый поток контактирует с охлаждающей жидкостью;

отведение содержащего HCl газового потока с температурой ниже 150°C со стадии охлаждения;

циркуляция охлаждающей жидкости через теплообменник, где энергия от охлаждающей жидкости передается к нагревающей жидкости, которая циркулирует из теплообменника на стадию концентрирования.

14. Способ по п.13, включающий следующие дополнительные стадии:

рециркуляция оксида магния, выведенного из реактора термогидролиза, по меньшей мере частично на стадию ферментации и/или

рециркуляция содержащего HCl газового потока, полученного со стадии охлаждения, по меньшей мере частично на стадию подкисления, причем предпочтительно проводят обе стадии рециркуляции.

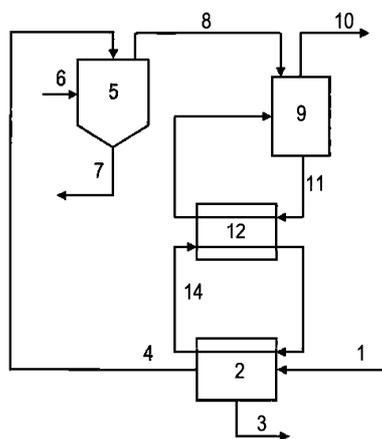
15. Способ по п.14, в котором рециркуляция оксида магния, выведенного из реактора термогидролиза, включает превращение оксида магния в гидроксид магния.

16. Способ по любому из пп.13-15, в котором водную смесь, содержащую карбоновую кислоту и хлорид магния, разделяют с использованием фильтрации, декантации, осаждения, центрифугирования, или с использованием экстракции экстрагентом или с использованием пластинчатых сепараторов, коагуляторов и/или гидроциклонов.

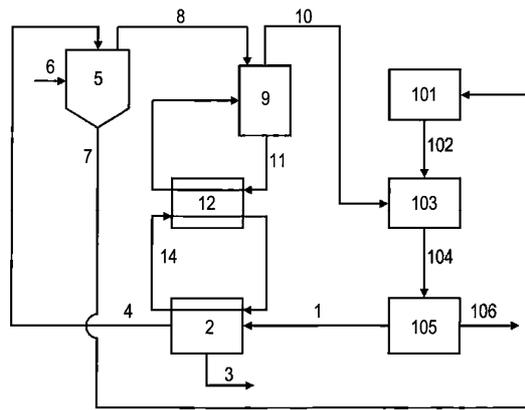
17. Способ по любому из пп.13-16, в котором карбоновая кислота представляет собой моно-, ди- или трикарбоновую кислоту, содержащую от 2 до 6 атомов углерода.

18. Способ по п.17, в котором карбоновая кислота выбрана из группы, состоящей из молочной кислоты, янтарной кислоты, пропионовой кислоты, 3-гидроксипропионовой кислоты, 2-гидроксимасляной кислоты, 3-гидроксимасляной кислоты, 4-гидроксимасляной кислоты, лимонной кислоты, fumarовой кислоты, итаконовой кислоты, адипиновой кислоты, акриловой кислоты, леулиновой кислоты, малеиновой кислоты, 2,5-фурандикарбоновой кислоты, яблочной кислоты и винной кислоты.

19. Способ по п.18, в котором карбоновая кислота представляет собой молочную кислоту.



Фиг. 1



Фиг. 2