

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202392090 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.10.18(51) Int. Cl. C02F 1/00 (2006.01)
C01B 25/01 (2006.01)
C01B 25/20 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2022.02.15

(54) СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФОСФАТОВ И АЗОТА ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД И, ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ, БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

(31) 10 2021 103 522.8; 10 2021 000 786.7

(72) Изобретатель:
Лебек Мартин (DE)

(32) 2021.02.15; 2021.02.16

(33) DE

(86) PCT/DE2022/100126

(74) Представитель:
Явкина Е.В. (RU)

(87) WO 2022/171252 2022.08.18

(71) Заявитель:
РЕМОНДИС АКВА ГМБХ УНД КО.
КГ (DE)

(57) Изобретение относится к способу комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадков сточных вод. Основная задача изобретения заключается в извлечении фосфора из золы осадка сточных вод и преобразовании фосфора с азотом, выделяющимся из испарений в ходе сушки осадка сточных вод и животноводческих стоков, в азотно-фосфорное удобрение диаммонийфосфат.

Обзор технологического процесса



AA Обзор технологического процесса

BB Осадок сточных вод, сухой (25% сухой массы)

CC Сушка [этап (1A2)]

DD Осадок сточных вод, сухой (40% сухой массы), сжат до образования золы [этап (1D2)]

EE Вторичное извлечение фосфора из золы осадка сточных вод [этапы (1D3)-(1D6)]

FF Гипс

GG Соли и т.д.

HH Фосфорная кислота

II Фосфорная кислота 10-15% Аммиачная вода 25% => (NH₄)₂HPO₄ DAP [этап (1E)]JJ Пары с NH₃

KK Очистка конденсата вторичного пара от точки росы или пара [этап (1B2)]

LL Органика

MM Биология

A1

202392090

202392090

A1

СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФОСФАТОВ И АЗОТА ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД И, ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ, БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Область техники

Изобретение касается способа комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадков сточных вод и, в отдельных случаях, из биологических отходов, таких, как, например, животноводческие стоки, агрегатное состояние которых включает в себя фазу жидкости. Основной задачей изобретения является извлечение фосфора из золы осадка сточных вод и преобразование фосфора и азота, полученного при естественном высыхании стоков и жидкого навоза, в азотно-фосфорное удобрение диаммонийфосфат.

Уровень техники

Фосфор во всех его соединениях необходим для жизни. Люди, животные и растения зависят от его доступности. Однако фосфаты добываются преимущественно на геогенных месторождениях (Марокко, Китай, США) из фосфатсодержащих пород. Германия на 100% зависит от импорта фосфатов. Проблема, связанная с этим, заключается в том, что эти месторождения являются исчерпаемыми, и с увеличением глубины добычи возрастает загрязнение тяжелыми металлами - кадмием и ураном. С точки зрения ресурсов и защиты окружающей среды, переработка фосфора является необходимой стадией.

Так как самым серьезным потенциалом для извлечения фосфора обладает осадок сточных вод, на федеральном уровне были разработаны новые политические и правовые рамочные условия путем внесения поправок в Распоряжение, касающееся переработки отходов и осадка сточных вод (AbfKlärV). В будущем в Германии в способе утилизации осадков сточных вод извлечение фосфора приобретет решающее значение, и его необходимость будет зафиксирована законодательно.

Способ извлечения фосфора из золы осадка сточных вод раскрыт в патентах DE 10 2013 018 650 B3, DE 10 2013 018 652 A1 и DE 10 2014 006 278 B3, принадлежащих заявителю.

Внесение поправок в Распоряжение о переработке отходов и осадков сточных вод (AbfKlärV) от 03.10.2017 года, в частности, преследует цель возвращать в

хозяйственный кругооборот ценные компоненты (фосфор), содержащиеся в осадке сточных вод, в *больших* объемах, чем это было ранее, и одновременно существенно сокращать традиционную утилизацию осадков сточных вод для дальнейшего предотвращения попадания вредных веществ в почву. Согласно Распоряжению, касающемуся переработки отходов и осадка сточных вод (AbfKlärV), обязательства по извлечению фосфора налагаются на все предприятия, осуществляющие эксплуатацию очистных сооружений. Сельскохозяйственный метод утилизации в будущем, возможно, подвергнется еще более серьезным ограничениям.

В связи с этим было бы крайне желательно утилизировать осадок или шлаки сточных вод экономически эффективными способами, одновременно извлекая из этих отходов содержащиеся в них ценные компоненты, такие как фосфор и азот.

Задача изобретения:

Задача данного изобретения состоит в разработке способа комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадка сточных вод или золы осадка сточных вод.

Раскрытие изобретения:

Как было сказано ранее, основной задачей изобретения является извлечение фосфора из золы осадка сточных вод и преобразование фосфора и азота, образующегося во время естественного высыхания осадка сточных вод и животноводческих стоков, в азотно-фосфорное удобрение диаммонийфосфат. Изобретение имеет колоссальное преимущество, так как в данном случае впервые предлагается технология, в которой сочетаются и интегрируются в единый способ извлечение и фосфатов, и азота из осадка сточных вод или золы осадка сточных вод.

Извлечение фосфора из осадка сточных вод представляет собой основу предлагаемого технологического способа, как и извлечение азота из сельскохозяйственных стоков, при этом NH_3 получается в результате отгонки. Вместе с содержащими NH_3 испарениями остаточной сушки осадка сточных вод, полученная фосфорная кислота преобразуется в диаммонийфосфат. Технология переработки сельскохозяйственных стоков раскрыта в публикации DE 10 2016 122 869 B4.

Формирование золы осадка стоков представляет собой неотъемлемую часть процесса извлечения фосфора, основанную на синергетическом взаимодействии материалов и энергии. Далее из золы извлекается фосфор в виде фосфорной кислоты. Она представляет собой основное химическое вещество фосфорной промышленности. Помимо фосфорной кислоты, в способе переработки происходит извлечение сопутствующих вторичных сырьевых материалов, таких как гипс и соли металлов (железо, алюминий). Вторсырье находит свое применение в производстве строительных материалов (гипс), а также в качестве коагулянтов для очистных сооружений (соли металлов). Остаток, который получается после завершения технологического способа, используется как наполнитель в производстве строительных материалов.

В способе остаточной усушки осадка до 40% сухой массы (это необходимо для сжигания) выделяются NH_3 -насыщенные испарения, конденсация которых и реакция обмена с фосфорной кислотой осуществляется в кислотно-фосфорном оросителе. Полученный в способе диаммонийфосфат может использоваться в качестве удобрения непосредственно в виде водного 10% раствора. Он также может быть подвергнут кристаллизации путем выпаривания и охлаждения, после чего в результате сушки и гранулирования может быть преобразован в стандартное азотно-фосфорное удобрение.

Переработка сельскохозяйственных стоков осуществляется в ходе интегрированного совокупного способа. В сосуде высокого давления сельскохозяйственные стоки обрабатываются CO_2 под давлением, при этом содержащиеся в них фосфаты из твердых частиц преобразуются в жидкое вещество. После сброса давления с помощью центрифуги происходит сепарация твердых частиц. Содержащиеся в стоках фосфор и азот в жидком виде превращаются в концентрат. За счет защелачивания с помощью известкового молока ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), а также за счет возможной подачи пара происходит отделение NH_3 и фосфор выпадает в осадок в виде среднего фосфорнокислого кальция (апатита). NH_3 совместно с содержащими NH_3 испарениями остаточной сушки осадка сточных вод, как описано выше, преобразуется (например, в оросителе) в диаммонийфосфат. Полученный осадок среднего фосфорнокислого кальция вместе с высушенным осадком сточных вод термически обрабатывается в установке для сжигания, и в заключение подвергается извлечению фосфора. В самом конце способа переработки от сельскохозяйственных стоков остается жидкость, содержащая лишь следы фосфора и азота, но богатая калием.

Данную остаточную жидкость можно использовать для орошения. После дополнительной очистки ее можно вернуть в круговорот воды. Твердые частицы после удаления жидкости могут быть подвергнуты дальнейшей переработке в биогазовой установке или сразу же использованы для удобрения почвы.

Детальное описание изобретения:

Задача изобретения реализуется за счет разработки способа комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадка сточных вод, а также, в случае необходимости, из биологических отходов, таких как, например, сельскохозяйственные стоки, агрегатное состояние которых включает жидкую фазу. При этом в способе переработки (по п.1 формулы изобретения) осуществляется извлечение фосфатов и азота из осадка сточных вод. В комбинированном способе переработки (по п.2 формулы изобретения) осуществляется комбинированное извлечение фосфатов и азота из осадка сточных вод в совокупности с первичной очисткой биологических отходов, агрегатное состояние которых включает в себя фазу жидкости, в частности, это относится к сельскохозяйственным стокам (жидкий навоз), фекальным жидкостям и биошламу, полученному в биогазовых установках.

Изобретение по п.1 формулы изобретения касается разработки способа (1) комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадка сточных вод, который включает в себя следующие стадии:

Стадия (1A1): опциональная дезинтеграция осадка сточных вод;

Стадия (1A2): сушка осадка сточных вод, при которой образуются содержащие NH_3 пары и сухой осадок сточных вод;

Стадия (1B1): опциональная конденсация содержащих NH_3 паров, полученных на стадии (1A2);

Стадия (1B2): опциональное подщелачивание конденсированных паров, содержащих NH_3 , полученных на Стадии (1B1), с высвобождением аммиака [NH_3] (предпочтительно с помощью CaO или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковое молоко)), или же, в определенных случаях, в смеси с NaOH), и отгон аммиака [NH_3] под нагреванием, и/или под действием давления ниже атмосферного, и/или с помощью потока воздуха или пара (отделение аммиака 1);

Стадия (1D2): сжигание сухого осадка сточных вод, полученного на Стадии (1A), до образования шлама (золы);

Стадия (1D3): обработка шлама сточных вод, полученного на Стадии (1D2), фосфорной кислотой;

Стадия (1D4): отделение растворимых в кислоте частиц шлама сточных вод, полученного на Стадии (1D3) таким образом, чтобы в результате растворимые в кислоте частицы, фильтрат или осадок представляли собой жидкость, содержащую фосфорную кислоту;

Стадия (1D5): опциональный возврат хотя бы одной доли жидкости, содержащей фосфорную кислоту, которая была получена на Стадии (1D4), на Стадию (1D3) для дальнейшего использования;

Стадия (1D6): очистка содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4), за счет добавления серной кислоты в содержащую фосфорную кислоту жидкость со Стадии (1D4) таким образом, чтобы в результате получить и отделить преципитат сернокислого кальция; и/или за счет ионного обмена или жидко-жидкостной экстракции, в результате чего будет получена жидкость, в которой содержится фосфорная кислота;

Стадия (1D7): опциональная концентрация как минимум одной доли очищенной, содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D6) таким образом, чтобы извлечь из нее фосфорную кислоту; и

Стадия (1E): преобразование конденсированного, содержащего NH_2 пара, полученного на Стадии (1B1), и/или полученного на Стадии (1B2) аммиака $[\text{NH}_3]$ вместе с фосфорной кислотой $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ в содержащую фосфорную кислоту жидкость, полученную на Стадии (1D4), очищенной, содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадии (1D6) и/или фосфорной кислоты со Стадии (1D7) с получением аммиачно-фосфатного соединения, предпочтительно двузамещенного ортофосфорнокислого диаммонийфосфата $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ (удобрение) и опциональное отделение полученного аммиачно-фосфатного соединения.

На фиг.1 схематично представлены все значимые стадии способа (1), описание которого приведено выше.

Изобретение по п.2 формулы изобретения касается разработки комбинированного способа (2) комбинированного извлечения фосфата и азота из осадка сточных вод и биологических отходов, агрегатное состояние которых включает в себя жидкостную фазу, при этом в данной жидкости содержатся или растворены, как минимум, мочевины и соединения аммиака, а также неорганические и органические фосфаты в виде частиц, и данный способ состоит из следующих стадий:

Стадия (2A1): опциональная дезинтеграция осадка сточных вод.

Стадия (2A2): сушка осадка сточных вод, при которой образуются содержащие NH_3 пары и сухой осадок сточных вод;

Стадия (2B1): опциональная конденсация содержащих NH_3 паров, полученных на Стадии (2A2);

Стадия (2B2): опциональное защелачивание конденсированных паров, содержащих NH_3 , полученных на Стадии (2B1), с высвобождением аммиака [NH_3], и отгон аммиака [NH_3] под нагреванием, и/или под действием давления ниже атмосферного, и/или с помощью потока воздуха или пара (отделение аммиака 2);

Стадия (2C1): отделение твердых веществ биологических отходов от жидкости;

Стадия (2C1): подача углекислого газа [CO_2] под давлением или сверхкритического диоксида углерода в жидкие биологические отходы для растворения частиц фосфатных соединений;

Стадия (2C2): снижение содержания углекислого газа CO_2 в жидкости, полученной на Стадии (2C1), путем подкисления жидкости и отгона растворенного углекислого газа CO_2 и/или диоксида углерода CO_2 в карбонатных соединениях;

Стадия (2C4): подщелачивание жидкости со Стадии (2C2) или (2C3) при высвобождении аммиака [NH_3] и отгонки аммиака [NH_3] под нагреванием, и/или под действием давления ниже атмосферного, и/или с помощью потока воздуха или пара (отделение аммиака 3);

Стадия (2C5): осаждение и отделение фосфата кальция из жидкости со Стадии (2C4);

Стадия (2D1): подмешивание осажденного и отделенного фосфата кальция, полученного на Стадии (2C5), к высушенному осадку сточных вод, полученному на Стадии (2A);

Стадия (2D2): сжигание смеси, состоящей из осажденного и отделенного фосфата кальция, полученного на Стадии (2C4), и сухого осадка сточных вод, полученного на Стадии (2A2), до получения шлама (золы);

Стадия (2D3): обработка золы сточных вод, полученной на Стадии (2D2), фосфорной кислотой;

Стадия (2D4): отделение кислоторастворимых компонентов обрабатываемой золы, полученной на Стадии (2D3), таким образом, чтобы в результате получить содержащую фосфорную кислоту жидкость, в которой содержатся кислоторастворимые частицы и фильтрат или осадок;

Стадия (2D5): опциональный возврат хотя бы одной части жидкости, содержащей фосфорную кислоту, которая была получена на Стадии (2D4), для использования на Стадии (2D3);

Стадия (2D6): очистка содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (2D4), за счет добавления серной кислоты в содержащую фосфорную кислоту жидкость со Стадии (2D4) таким образом, чтобы в результате получить и отделить преципитат сернокислого кальция; и/или за счет ионного обмена или жидко-жидкостной экстракции, в результате чего будет получена жидкость, в которой содержится фосфорная кислота;

Стадия (2D7): опциональная концентрация как минимум одной доли очищенной, содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (2D6) таким образом, чтобы извлечь из нее фосфорную кислоту;

Стадия (2E): преобразование конденсированного, содержащего NH_2 пара, полученного на Стадии (2B1), и/или аммиака $[\text{NH}_3]$, полученного на Стадии (2B2), и аммиака $[\text{NH}_3]$, полученного на Стадии (2C4), вместе с фосфорной кислотой $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ в

содержащую фосфорную кислоту жидкость, полученную на Стадии (2D4), очищенной, содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадии (2D6) и/или фосфорной кислоты со Стадии (2D7) с получением аммиачно-фосфатного соединения, и опциональное отделение полученного аммиачно-фосфатного соединения.

Далее будут приведены предпочтительные варианты осуществления способов по п.1 и/или 2 формулы изобретения, при этом необходимо отметить, что данные варианты можно комбинировать между собой или, например, сочетать предпочтительные варианты осуществления какой-либо стадии с минимум одним иным предпочтительным вариантом осуществления какой-либо стадии или с несколькими стадиями.

В предпочтительном варианте осуществления способа по п.1 формулы изобретения, в способе (1) комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадка сточных вод шлам сточных вод, полученный на стадии переработки (1D2), представляет собой исключительно золу, которая образуется после сжигания изначально использованного осадка сточных вод, полученного на Стадиях (1A1) и (1A2). Это осадки сточных вод, которые содержат фосфаты. В варианте осуществления способа (1) комбинированного извлечения фосфата и азота из осадка сточных вод в шлам сточных вод на Стадии (1D2) может быть добавлен другой вид содержащей фосфаты золы, например, любая зола, которую можно получить в результате сжигания в мусоросжигательной печи фосфатсодержащих осадков сточных вод, биологически разлагаемых отходов, биологических отходов и/или отходов жизнедеятельности животных. Шлам осадка сточных вод, полученный в результате сжигания осадка сточных вод (используется на Стадиях (1A1) и (1A2)) на Стадии (1D2), имеет содержание фосфатов (измеренное в P_2O_5) ≥ 3 масс.%, ≥ 5 масс.%, ≥ 7 масс.%, ≥ 10 масс.%, ≥ 15 масс.% или ≥ 20 масс.% (при этом содержание фосфата (измеренное в P_2O_5) > 40 масс.% или > 35 масс.% является редкостью), или же он имеет содержание фосфатов (P) ≥ 1 масс.%, ≥ 2 масс.%, ≥ 3 масс.%, ≥ 5 масс.%, ≥ 8 масс.% или ≥ 10 масс.% (при этом содержание фосфатов (измеренное в P), редко бывает > 15 масс.% или > 14 масс.%).

В предпочтительных вариантах осуществления комбинированного способа (2) извлечения фосфата и азота как из осадка сточных вод, так и из биологических отходов

используются биологические отходы, в первую очередь, животноводческие стоки, фекальная жидкость и/или биошлам, полученный из биогазов. В предпочтительных вариантах осуществления комбинированного способа (2) извлечения фосфата и азота как из осадка сточных вод, так и из биологических отходов зола осадка сточных вод на Стадии (2D2) представляет собой исключительно золу, которая получается в результате горения изначально использованного на Стадиях (2A1) и (2A2) осадка сточных вод. Это осадок сточных вод, содержащий фосфаты. В варианте осуществления к золе осадка сточных вод на Стадии (2D2) может быть добавлена другая фосфатсодержащая зола, например, любой вид золы, полученной в результате сжигания в мусоросжигающей печи фосфатсодержащего осадка сточных вод, биоразлагаемых отходов, биологических отходов и/или отходов жизнедеятельности животных. В принципе, зола осадка сточных вод может содержать в себе иные (фосфатсодержащие) виды золы, например, золу, полученную в результате сжигания в мусоросжигающей печи фосфатсодержащего осадка сточных вод, биоразлагаемых отходов, биологических отходов и/или отходов жизнедеятельности животных. Зола осадка сточных вод, полученная в результате сжигания осадка (применяется на Стадиях (2A1) и (2A2)) на Стадии (2D2), имеет содержание фосфата (измеренное в P_2O_5) ≥ 3 масс.%, ≥ 5 масс.%, ≥ 7 масс.%, ≥ 10 масс.%, ≥ 15 масс.% или ≥ 20 масс.% (при этом содержание фосфата (измеренное в P_2O_5) > 40 масс.% или > 35 масс.% является редкостью), или же она имеет содержание фосфатов (P) ≥ 1 масс.%, ≥ 2 масс.%, ≥ 3 масс.%, ≥ 5 масс.%, ≥ 8 масс.% или ≥ 10 масс.% (при этом содержание фосфатов (измеренное в P), редко бывает > 15 масс.% или > 14 масс.%). В предпочтительных вариантах осуществления способа (2) в биологических отходах, способных принимать жидкое агрегатное состояние, в состоянии жидкости происходит гидролиз содержащейся в ней мочевины за счет добавления фермента уреазы при получении аммиака и/или аммония.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1A1) или (2A1), а именно, дезинтеграция осадка сточных вод перед Стадией (1A1) или (2A1), осуществляется за счет механического воздействия (например, с помощью шаровой мельницы), за счет воздействия ультразвука и/или за счет увеличения давления и повышения температуры. Подобная дезинтеграция увеличивает выход аммиака, содержащегося в испарениях, возникающих в способе сушки на Стадиях (1A2) или (2A2).

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1A1) или (2A1) сушка осадка сточных вод осуществляется при повышенной температуре, и/или сбор образующихся в способе сушки NH_3 -содержащих испарений происходит непосредственно на месте сушки. Обычно высушенный (механическим способом) осадок сточных вод имеет примерно 25% сухой массы (масс.%). Для сжигания необходимо высушивать осадок сточных вод до примерно 40% сухой массы (масс.%). Это и выполняется на данной Стадии, при этом использовать можно, например, ленточные сушилки или сушилки с псевдоожиженным слоем, температура сушки может составлять от 40°C до 95°C или от 50°C до 80°C, или же от 60°C до 70°C.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1B1) или (2B1) выполняется конденсация NH_3 -содержащих испарений, полученных на Стадиях (1A2) или (2A2), при этом предпочтительно — непосредственно на месте сушки. Данную Стадию можно исключить из способа, если испарения уже имеют форму жидкости.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1B1) или (2B1) выполняется неопциональное защелачивание конденсированных NH_3 -содержащих паров, полученных на Стадиях (1B1) или (2B1), или выполняются Стадии (1B1) или (2B1). В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1B2) или (2B2) выполняется защелачивание конденсированных NH_3 -содержащих паров, полученных на Стадиях (1B1) или (2B1), путем добавления NaOH или же, в некоторых случаях, путем добавления CaO или Ca(OH)_2 (известковое молоко), в частности, в некоторых случаях путем дальнейшего добавления Ca(OH)_2 (известковое молоко). В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1B2) или (2B2) осуществляется отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака 1) за счет нагревания. В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1B2) или (2B2) осуществляется отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака 1 или 2) за счет воздействия давления ниже атмосферного. В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1B2) или (2B2) осуществляется отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака 1 или 2) с помощью подачи потока воздуха или пара. В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1B2) или (2B2) осуществляется отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака 1 или 2) за счет нагревания и с помощью подачи потока воздуха или пара. Высвобождение и отгон аммиака в жидкостной фазе на Стадиях (1B2) или (2B2) технологического способа, описанного в данном изобретении, так называемое отделение аммиака, принципиально известно. В

соответствии с изобретением оно происходит за счет защелачивания жидкости, например, с помощью CaO или Ca(OH)₂ (известковое молоко), в некоторых случаях, в смеси с NaOH, и последующего выделения газообразного аммиака при нагревании, и/или под действием давления ниже атмосферного, и/или под воздействием потока воздуха или пара. Защелачивание производится до значения pH от 9 до 14, или от 10 до 13, предпочтительнее всего значения от 11 до 12. Выделенный аммиак может быть абсорбирован в виде минеральной кислоты или гидрата аммиака (аммиачная вода).

В предпочтительных вариантах осуществления на Стадии (2C1) может выполняться сепарация твердого вещества (если таковое имеется; например, остатков растения или сена и т.д.) из биологических жидких отходов, сепарация представляет собой механический способ. Например, это может быть просеивание через сито или грохот, а также это может быть отстаивание (седиментация), фильтрация, центрифугирование или сочетание этих технологических способов. В качестве альтернативы или дополнительно текучесть исходного материала может обеспечиваться за счет механического измельчения грубых частиц, например, с помощью рубки (сечки), перемалывания или любых иных аналогичных способов. Предпочтительной технологией для сепарации является центрифугирование. В предпочтительном варианте осуществления изобретения Стадии (1C1) или (2C1), сепарация твердых частиц биологических отходов, следуют за Стадией (2C2).

В предпочтительных вариантах осуществления изобретения на Стадии (2C2) в сосуде высокого давления в жидкие биологические отходы под давлением вводится углекислый газ [CO₂] или сверхкритический диоксид углерода. Цель этого способа — внести частицы связанных фосфатов в раствор. Способ извлечения фосфатов из осадка сточных под действием углекислого газа (CO₂), подающегося под давлением, или под действием сверхкритического диоксида углерода описан в DE 102009020745, на который в полной мере ссылается данный документ. Описанный в нем способ может быть соответствующим образом применен на Стадии (2C2) способа изобретения для преобразования фосфатов, связанных частицами, в раствор в соответствии с изобретением.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2C3) осуществляется снижение содержания CO₂ в жидкости, полученной на Стадии (2C2), за счет

подкисления с помощью неорганических кислот. Под действием кислот происходит отгон растворенного CO_2 и/или CO в карбонатных соединениях. При повышении значения pH за счет защелачивания с помощью NH_3 и/или CaO или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на Стадии (2С4) для отделения аммиака 3 из-за высокого содержания CO_2 в жидкости произошло появление и выпадение в осадок не только нужного нам фосфата кальция, но также и существенной доли нежелательного карбоната кальция. Перед защелачиванием жидкости для отделения аммиака на следующем Стадии (2С4) происходит снижение содержания CO_2 в жидкости в соответствии с условиями изобретения за счет подкисления жидкости и отгона растворенного CO_2 и/или CO в карбонатных соединениях. Для этого желательно использовать фосфорную кислоту. Отгон CO_2 можно ускорить за счет повышения температуры и/или с помощью помешивания или любого другого движения реактивов.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2С4) подщелачивание жидкости, полученной на Стадии (2С3), осуществляется с помощью добавления NaOH или, в некоторых случаях, с помощью добавления CaO или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковое молоко), в частности, в некоторых случаях за счет добавления дополнительного количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковое молоко). В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2С4) отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака 3) выполняется за счет повышения температуры. В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2С4) отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака 3) выполняется за счет создания давления ниже атмосферного. В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2С4) отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака 3) выполняется за счет воздействия потока воздуха или пара. В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2С4) отгон аммиака $[\text{NH}_3]$ (отделение аммиака) выполняется с помощью повышения температуры и воздействия потока воздуха или пара (отделение аммиака 3). Высвобождение и отгон аммиака на стадии жидкости на Стадии (2С4) технологического способа, описанного в данном изобретении, так называемого, отделения аммиака, принципиально известно. В соответствии с данным изобретением оно происходит за счет подщелачивания жидкости, например, с помощью CaO или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковое молоко), а в некоторых случаях, с помощью смеси с NaOH , отгон газообразного аммиака осуществляется при повышении температуры, и/или под действием давления ниже атмосферного, и/или под действием потока воздуха или пара. При этом подщелачивание жидкости осуществляется до получения значений pH от 9

до 14, или от 10 до 13, максимальное предпочтение отдается значениям от 11 до 12. Выделенный газообразный аммиак может быть абсорбирован в виде минеральной кислоты или гидрата аммиака (аммиачная вода).

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2C5), то есть, осаждения и сепарирования фосфата кальция из находящегося в жидкой форме вещества, полученного на Стадии (2C4), фосфат кальция представляет собой средний фосфорнокислый кальций $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ или гидроксилapatит $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$. Фосфат кальция в данном случае охватывает $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 , $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2C5) получение фосфата кальция из жидкости осуществляется с помощью фильтрации, центрифугирования, седиментации или комбинации данных методов.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2D1) осажденный и сепарированный фосфат кальция, полученный на Стадии (2C5), подмешивается к высушенному осадку сточных вод, полученному на Стадии (2A), при этом для смешивания могут быть использованы различные методы. Целью такого смешивания является удаление сопутствующих органических остатков, которые обычно сопровождают фосфат кальция, полученный на Стадии (2C5), путем последующего сжигания на Стадии (2D2).

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2D2) смесь, состоящая из осажденного и сепарированного фосфата кальция, полученного на Стадии (2C4), и сухого осадка сточных вод, полученного на Стадии (2A2), сжигается до получения золы, при этом сгорают также сопровождающие фосфат кальция, полученный на Стадии (2C4), органические остатки. В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2D2) сжигается смесь, состоящая из осажденного и сепарированного фосфата кальция, полученного на Стадии (2C4), и сухого осадка сточных вод, полученного на Стадии (2A2), до получения золы, сжигание происходит в мусоросжигательной печи (установке) в диапазоне температур от 600°C до 1200°C , предпочтительными температурами сжигания являются температуры от 800°C до 900°C .

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (1D2) сухой осадок сточных вод, полученный на Стадии (1A2), сжигается до получения золы, при этом в

способе сжигаются, в частности, органические остатки. В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (1D2) сжигание осадка сточных вод, полученного на Стадии (1A2), до получения золы, выполняется с помощью мусоросжигательной печи (установки) в диапазоне температур от 600° до 1200°С, предпочтительными температурами сжигания являются температуры от 800° до 900°С.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1D3) или (2D3) зола осадка сточных вод, полученная на Стадиях (1D2) или (2D2), обрабатывается фосфорной кислотой. Желательно, чтобы воздействие длилось менее 5 минут, или менее 2 минут, или от 5 до 45 минут, или от 2 до 300 минут, предпочтительное время воздействия от 10 до 60 минут или от 2 до 20 минут, температура при этом должна составлять более 40°С, или более 50°С, или от 20°С до 90°С, предпочтительное значение температур от 60 до 80°С, или от 20 до 80 °С, или от 25 до 50°С. Предпочтительная концентрация кислоты составляет от 5 масс.% до 50 масс.%, от 10 масс.% до 30 масс.% (разведенная водой), и/или зола осадка сточных вод подвергается воздействию кислоты в реакторе, и/или доля золы осадка сточных вод составляет от 5 масс.% до 50 масс.%, предпочтительные значения от 20 масс.% до 30 масс.% или от 25 масс.% до 35 масс.% в зависимости от кислоты. Самым предпочтительным вариантом является обработка золы осадка сточных вод, полученной на Стадиях (1D2) или (2D2), фосфорной кислотой в течение промежутка времени от менее 2 минут или от 2 до 20 минут, при температуре от 20 до 80°С или от 25 до 50°С, концентрация кислоты при этом должна составлять от 10 масс.% до 30 масс.% (разбавленная водой), доля золы осадка сточных вод должна составлять от 20 масс.% до 30 масс.% или от 25 масс.% до 35 масс.% в зависимости от кислоты. В частности, предпочтительной является обработка золы осадка сточных вод, полученной на Стадии (1D2) или (2D2), фосфорной кислотой в течение от 2 до 20 минут, при температуре от 25 до 50°С, концентрация кислоты при этом составляет от 10 масс.% до 30 масс.% (разбавленная водой), доля золы варьируется от 25 масс.% до 35 масс.% в зависимости от кислоты.

В предпочтительных вариантах осуществления на Стадии (2D4) происходит отделение кислоторастворимых компонентов обрабатываемой золы осадка сточных вод, полученной на Стадиях (1D3) или (2D3), таким образом, чтобы получить кислоторастворимый компонент и фильтрат или осадок в виде жидкости, содержащей фосфорную кислоту. В предпочтительных вариантах изобретения седиментация

кислоторастворимого компонента обрабатываемой золы осадка сточных вод, полученной на Стадиях (1D3) или (2D3), осуществляется с помощью механической технологии фильтрации и/или дегидратации. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения седиментация кислоторастворимого компонента обрабатываемой золы осадка сточных вод, полученной на Стадиях (1D3) или (2D3), осуществляется с помощью дегидратационной установки (например, ленточного вакуум-фильтра, фильтр-пресса с горизонтальными камерами, ленточного фильтр-пресса, мембранного фильтр-пресса, центрифуги). В предпочтительных вариантах осуществления изобретения седиментация кислоторастворимого компонента обрабатываемой золы осадка сточных вод, полученной на Стадиях (1D3) или (2D3), осуществляется с помощью ленточного вакуум-фильтра. В предпочтительных вариантах осуществления после седиментации кислоторастворимых компонентов обрабатываемой золы осадка сточных вод, полученной на Стадии (1D3) или (2D3), остатки на фильтрах очистных агрегатов смываются водой, и затем эта вода отводится на Стадии технологического способа (1D3) или (2D3).

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1D5) или (2D5) как минимум одна часть содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадиях (1D4) или (2D4), отводится на Стадии (1D3) или (2D3) для дальнейшего использования. Желательно, чтобы как минимум 10% данной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадиях (1D4) или (2D4), отводились на Стадии (1D3) или (2D3), однако большее предпочтение отдается способу, в котором отводится минимум 20%, и еще больше — способу, в котором отводится от 20% до 80%, но самым предпочтительным является способ, в котором обратно отводится от 40% до 60% жидкости, в зависимости от общего полученного количества жидкости, содержащей фосфорную кислоту, полученной на Стадиях (1D4) или (2D4). В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1D5) или (2D5) они выполняются после Стадии (1D6) или, соответственно, после Стадии (2D6), перед началом Стадий (1D7) или (2D7).

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1D6) или (2D6) содержащая фосфорную кислоту жидкость, полученная на Стадиях (1D4) или (2D4), очищается путем добавления серной кислоты к содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадиях (1D4) или (2D4), таким образом, что в результате происходит образование и выпадение в осадок преципитата сульфата кальция. Здесь

можно подключить, разумеется, только в одной из предпочтительных вариантов осуществления, ионный обмен или жидко-жидкостную экстракцию, при этом ионный обмен (особенно с помощью смол или регенерации с использованием минеральных кислот) предпочтительнее. В любом случае в результате получается очищенная жидкость, содержащая фосфорную кислоту. Очистка путем добавления серной кислоты в жидкость, содержащую фосфорную кислоту, полученную на Стадиях (1D4) или (2D4), осуществляется в перемешивающем реакторе. Желательно, чтобы серная кислота добавлялась в растворе, имеющем концентрацию от 10 до 98 масс.%, предпочтительные значения — от 40 до 80 масс.%; желательно, чтобы этот способ выполнялся в перемешивающем реакторе, при этом желательно добавление серной кислоты в соотношении грамм-молекулярного веса, чтобы концентрация растворенного кальция составляла 0,5 Са к 1,5 SO₄, оптимально — 1,0 Са к 1,0 SO₄. При этом время нахождения в перемешивающем реакторе после добавления серной кислоты составляет от 5 до 60 минут, оптимально от 10 до 30 минут, и/или температура реакции (выпадение в осадок сульфата кальция после добавления серной кислоты) в перемешивающем реакторе составляет от 20° до 90°С, оптимально — от 60° до 90°С. Далее желательно, чтобы преципитат сульфата кальция извлекался и сепарировался с помощью фильтрационной или дегидратационной установки. Оптимальным вариантом для сепарации преципитата сульфата кальция являются дегидратационные установки (например, ленточный вакуум-фильтр, фильтр-пресс с горизонтальными камерами, ленточный фильтр-пресс, мембранный фильтр-пресс, центрифуга). Оптимальным является сепарация преципитата сульфата кальция с помощью ленточного вакуум-фильтра. Желательно, чтобы после сепарации преципитата сульфата кальция остаток на фильтрах в очистных установках смывался водой, и далее эта вода направлялась для дальнейшего использования на Стадиях (1D3) или (2D3).

В предпочтительных вариантах осуществления Стадий (1D7) или (2D7) как минимум одна часть очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадиях (1D6) или (2D6), подвергается концентрации таким образом, чтобы стало возможно извлечь и сепарировать фосфорную кислоту, при этом оптимальным способом для получения данного результата является упаривание.

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (2E) полученный на Стадии (2B2) аммиак [NH₃] и/или полученный на Стадии аммиак [NH₃] с фосфорной

кислотой $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ в виде содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (2D4), вступает в реакцию обмена с очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкостью со Стадии (2D6) и/или с фосфорной кислотой со Стадии (2D7), в результате чего получается аммонийфосфатное соединение. Оптимальным вариантом является аммонийфосфатное соединение диаммонийфосфат $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ (удобрение). Полученный диаммонийфосфат в виде 10% водного раствора может использоваться как удобрение, или же после выпаривания и высушивания он кристаллизуется, после чего его можно гранулировать для получения обычных азотно-фосфорных удобрений. Оптимальным вариантом будет добавление фосфорной кислоты в виде содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4), или очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D6). Предпочтительно, чтобы фосфорная кислота добавлялась в виде содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4). Предпочтительно, чтобы фосфорная кислота добавлялась в виде очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D6), особенно после того, как произойдет осаждение преципитата сульфата кальция CaSO_4 . Желательно использовать фосфорную кислоту в концентрации 10 – 15%. Допускается также использование фосфорной кислоты $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ в концентрации 40 – 89 масс. % или в концентрации 50 – 75 масс. %. Желательно использовать аммиак в виде аммиачной воды. Желательно, чтобы концентрация аммиака составляла не менее 25%. Желательно использовать аммиак в виде аммиачной воды, концентрация аммиака в которой составляет не менее 25%. Желательно, чтобы химическая реакция обмена аммиака с фосфорной кислотой происходила в оросителе (ороситель для фосфорной кислоты). В предпочтительном варианте осуществления на Стадии (2E) полученный на Стадиях (2B2) и (2C4) аммиак вступает в реакцию обмена с фосфорной кислотой. Предпочтительно будет использовать фосфорную кислоту в виде очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (2D6) и/или фосфорную кислоту, полученную на Стадии (2D7).

В предпочтительных вариантах осуществления Стадии (1E) полученный на Стадии (1B2) аммиак $[\text{NH}_3]$ вступает в реакцию обмена с фосфорной кислотой $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ в виде содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4), с очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкостью, полученной на Стадии (1D6), и/или с фосфорной кислотой, полученной на Стадии (1D7), при этом в результате

получается аммоний-фосфатное соединение. Оптимальным вариантом является аммонийфосфатное соединение диаммонийфосфат $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ (удобрение). Полученный диаммонийфосфат в виде 10% водного раствора может использоваться как удобрение, или же после выпаривания и высушивания он кристаллизуется, после чего его можно гранулировать для получения обычных азотно-фосфорных удобрений, опционально выделяется извлеченное аммонийфосфатное соединение. Оптимальным вариантом будет добавление фосфорной кислоты в виде содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4), или очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D6). Предпочтительно, чтобы фосфорная кислота добавлялась в виде содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4). Предпочтительно, чтобы фосфорная кислота добавлялась в виде очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D6), особенно после того, как произойдет осаждение преципитата сульфата кальция CaSO_4 . Желательно использовать фосфорную кислоту в концентрации 10 – 15%. Допускается также использование фосфорной кислоты $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ в концентрации 40 – 89 масс. % или в концентрации 50 – 75 масс. %. Желательно, чтобы концентрация аммиака составляла не менее 25%. Желательно использовать аммиак в виде аммиачной воды, концентрация аммиака в которой составляет не менее 25%. Желательно, чтобы химическая реакция обмена аммиака с фосфорной кислотой происходила в оросителе (ороситель для фосфорной кислоты). В предпочтительном варианте осуществления на Стадии (1E) полученный на Стадии (1B2) аммиак вступает в реакцию обмена с фосфорной кислотой. Предпочтительно будет использовать фосфорную кислоту в виде очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D6) и/или фосфорную кислоту, полученную на Стадии (1D7).

Определения:

Термин «**фосфат кальция**» в терминах данного изобретения включает в себя $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 , $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Под термином «**зола**» в данном изобретении подразумевается любой твердый остаток, полученный после сжигания органического вещества. В понимании данного изобретения зола — это, в первую очередь, твердые вещества, остающиеся после сжигания осадка сточных вод. В принципе, золой можно называть и твердые остатки

после сжигания биоразлагаемых отходов, биологических отходов и/или отходов жизнедеятельности животных, отходов от убоя скота, например, костной муки. Зола состоит, прежде всего из оксидов и (би-)карбонатов различных металлов, например, Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , MnO , P_2O_5 , P_4O_{10} , K_2O , SiO_2 , Na_2CO_3 , NaHCO_3 и т.д.

Под термином **«фосфатсодержащая зола»** в данном изобретении подразумевается зола, определение которой дано в данном документе, содержащая как минимум один фосфат, определение которого также дается в данном документе.

Под термином **«фосфаты»** в данном изобретении подразумеваются, с одной стороны, P_2O_5 и P_4O_{10} . Далее под данным термином подразумеваются соли и полиэфиры ортофосфорной кислоты (H_3PO_4), а также конденсаты (полимеры) ортофосфорной кислоты и их полиэфиры. В частности, под термином «фосфаты» понимаются металлические соли фосфорной кислоты, имеющие общую химическую формулу $\text{X}(\text{Y})_m(\text{PO}_4)_n$, где X и выборочно Y — это металл, относящийся к группе металлов, включающей в себя алюминий, бериллий, висмут, свинец, кадмий, хром, железо, галлий, индий, калий, кобальт, медь, магний, марганец, молибден, натрий, никель, осмий, палладий, родий, рутений, стронций, титан, ванадий, вольфрам, цинк и олово.

Под термином **«преципитат»** в данном изобретении подразумевается осаждение растворенного вещества и образование твердого осадка в растворе, обычно вызванное присадкой соответствующих веществ (коагуляторов). В частности, под данным термином понимается любой полностью или частично нерастворимый осадок в виде хлопьев, капель или кристаллов вещества, имеющих любую микрокристаллическую, кристаллическую или аморфную форму. Термин «преципитат» подразумевает любую дальнейшую обработку, модификацию, рафинирование и т.д. преципитатов, полученных в ходе применения на практике описанных в изобретении способов, для получения из них порошков, пудр, пыли, сыпучих материалов, гранулированных материалов, песков и т.д.

Термин **«мусоросжигающая установка»** в понимании данного изобретения подразумевает всевозможные установки, сооружения и подобные им

перерабатывающие комплексы, которые пригодны для сжигания горючих компонентов любых видов отходов.

Термин **«осадок сточных вод»** в понимании данного изобретения обозначает любую суспензию, тонко распределенные в жидкости частицы твердого вещества. В качестве осадка сточных вод может рассматриваться первичный осадок, сырой (необработанный) канализационный ил, избыточный ил, обработанный и/или стабилизированный осадок (аэробный/анаэробный). В частности, подразумевается высушенный (механическим способом) осадок сточных вод и/или осадок сточных вод, имеющий от 15 до 30% сухой массы, предпочтительно около 25% (сухой массы, СМ).

В предпочтительном варианте осуществления жидкость, содержащая суспензию из частиц мелких фракций, обозначается как сточная вода. Данный термин рассматривается далее.

Термином **«сточная вода»** в понимании данного изобретения обозначаются все жидкости водной и/или органической природы, или смеси этих двух разновидностей жидкостей, не отвечающие требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды, в понимании Предписания о питьевой воде (TrinkwV) и/или национальных норм, регулирующих характеристики питьевой воды (например, DIN 2000 в Германии). Термин «сточная вода» охватывает все виды сточных вод в соответствии с § 54, абзац 1 Закона в водных ресурсах (WHG).

В предпочтительном варианте осуществления, если речь идет о сточных водах в понимании данного изобретения, то имеется в виду вода, загрязненная после использования, или же вода, имеющая измененные характеристики и состав. Далее под термином «сточная вода» в понимании данного изобретения подразумевается вода, характеристики которой изменены после использования этой воды в домашнем хозяйстве, на производственных предприятиях, в сельском хозяйстве или после любого другого применения; также под данным термином понимается вода, которая смешивается и стекает вместе с этой водой в сухую погоду (производственно-бытовые сточные воды); также под данным термином подразумевается вода, которая стекает в коллекторы с застроенных и укрепленных площадей после атмосферных осадков (дождевые воды). Жидкости, вытекающие из установок для переработки, хранения и

осаждения отходов, также относятся к производственно-бытовым сточным водам. К производственно-бытовым сточным водам относятся стоки домашних хозяйств из туалетов (фекальные воды), санитарных сооружений, кухонь и стиральных машин (слабозагрязненные бытовые сточные воды), а также сточные воды предприятий, на которых стоки отводятся в общественную канализацию (промышленные сточные воды). Нагретая вода из холодильного оборудования также считается сточной водой. Сточные воды, поступающие в водоочистные установки в соответствии с самыми различными технологиями очистки и обработки воды, считаются сточными водами в понимании данного изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ (1) комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадка сточных вод, включающий следующие стадии:

Стадия (1A1): опциональная дезинтеграция осадка сточных вод;

Стадия (1A2): сушка осадка сточных вод, при которой происходит образование паров, насыщенных NH_3 , и сухого остатка сточных вод;

Стадия (1B1): опциональная конденсация NH_3 -насыщенных паров, полученных на Стадии (1A2);

Стадия (1B2): опциональное подщелачивание NH_3 -содержащих паров, полученных на Стадии (1B1), сопровождаемое высвобождением аммиака $[\text{NH}_3]$, и отгонка аммиака $[\text{NH}_3]$ при нагревании, и/или под действием давления ниже атмосферного, и/или под действием потока воздуха или пара (отделение аммиака 1);

Стадия (1D2): сжигание высушенного остатка сточных вод, полученного на Стадии (1A2), до образования золы;

Стадия (1D3): обработка золы осадка сточных вод, полученной на Стадии (1D2), фосфорной кислотой;

Стадия (1D4): сепарация кислоторастворимых долей обрабатываемой золы осадка сточных вод, полученной на Стадии (1D3), таким образом, чтобы получить кислоторастворимые компоненты и фильтрат или осадок в виде жидкости, в которой содержится фосфорная кислота;

Стадия (1D5): опциональный возврат как минимум одной доли содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4), обратно на Стадию (1D3) для дальнейшего использования;

Стадия (1D6): очистка содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D4), путем добавления серной кислоты в жидкость, полученную на Стадии

(1D4), таким образом, чтобы образовался и сепарировался преципитат сульфата кальция, и/или путем ионного обмена или жидко-жидкостной экстракции, в результате которых получается очищенная жидкость, содержащая фосфорную кислоту;

Стадия (1D7): опциональное концентрирование как минимум одной доли очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (1D6), таким образом, чтобы в результате получить и сепарировать фосфорную кислоту; и

Стадия (1E): преобразование конденсированных, содержащих NH_3 паров, полученных на Стадии (1B1), и/или извлеченного на Стадии (1B2) аммиака $[\text{NH}_3]$ с примесью фосфорной кислоты $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ в жидкость со Стадии (1D4), которая содержит фосфорную кислоту, в очищенную, содержащую фосфорную кислоту жидкость со Стадии (1D6) и/или в фосфорную кислоту со Стадии (1D7) при условии получения аммоний-фосфатного соединения и — опционально — сепарации полученного аммоний-фосфатного соединения.

2. Комбинированный способ (2) комбинированного извлечения фосфатов и азота из осадка сточных вод и биологических отходов, включающих жидкую фазу, в которой растворены и/или содержатся в виде частиц по меньшей мере смолы и аммиачные соединения, а также органические и неорганические фосфатные соединения, включающий следующие стадии:

Стадия (2A1): опциональная дезинтеграция осадка сточных вод;

Стадия (2A2): сушка осадка сточных вод, при которой происходит образование паров, насыщенных NH_3 , и сухого остатка сточных вод;

Стадия (2B1): опциональная конденсация NH_3 -насыщенных паров, полученных на Стадии (2A2);

Стадия (2B2): опциональное подщелачивание конденсированных NH_3 -содержащих паров, полученных на Стадии (2B1), сопровождаемое высвобождением аммиака $[\text{NH}_3]$, и отгонка аммиака $[\text{NH}_3]$ при нагревании, и/или под действием

давления ниже атмосферного, и/или под действием потока воздуха или пара (отделение аммиака 2);

Стадия (2C1): опциональная сепарация твердого вещества биологических отходов, имеющих форму жидкости;

Стадия (2C2): подача углекислого газа [CO₂] под давлением или сверхкритического диоксида углерода в жидкие биологические отходы для добавления частиц фосфатных соединений в данный раствор;

Стадия (2C3): снижение содержания CO₂ в жидкости, полученной на Стадии (2C2), за счет подкисления и отгон растворенного CO₂ и/или CO₂ в виде карбоната;

Стадия (2C4): подщелачивание жидкости, полученной на Стадии (2C3), с высвобождением аммиака [NH₃] и отгонкой аммиака [NH₃] под нагреванием, и/или под действием давления ниже атмосферного, и/или под действием потока воздуха или пара (отделение аммиака 3);

Стадия (2C5): выпадение в осадок и сепарация фосфата кальция из жидкости, полученной на Стадии (2C4);

Стадия (2D1): подмешивание осажденного и сепарированного фосфата кальция, полученного на Стадии (2C5), в высушенный осадок сточных вод, полученный на Стадии (2A);

Стадия (2D2): сжигание смеси осажденного и сепарированного фосфата кальция, полученного на Стадии (2C4), и высушенного осадка сточных вод, полученного на Стадии (2A), до образования золы;

Стадия (2D3): обработка золы осадка сточных вод, полученного на Стадии (2D2), фосфорной кислотой;

Стадия (2D4): сепарация кислоторастворимых долей обрабатываемой золы осадка сточных вод, полученной на Стадии (2D3), таким образом, чтобы получить

кислоторастворимое вещество и фильтрат или осадок в виде жидкости, содержащей фосфорную кислоту;

Стадия (2D5): опциональное обратное отведение как минимум одной доли жидкости, содержащей фосфорную кислоту, полученной на Стадии (2D4), на Стадия (2D3) для дальнейшего использования;

Стадия (2D6): очистка содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадии (2D4), путем добавления серной кислоты в содержащую фосфорную кислоту жидкость со Стадии (2D4), в результате чего образуется и сепарируется преципитат сульфата кальция; и/или путем использования ионного обмена или жидко-жидкостной экстракции, в результате чего получается жидкость, в которой содержится фосфорная кислота;

Стадия (2D7): опциональная концентрация как минимум одной доли очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадии (2D6), для получения и сепарации фосфорной кислоты;

Стадия (2E): преобразование конденсированного, NH_3 -насыщенного пара, полученного на Стадии (2B1), и/или аммиака $[\text{NH}_3]$, полученного на Стадии (2B2), и аммиака $[\text{NH}_3]$, содержащего фосфорную кислоту $[\text{H}_3\text{PO}_4]$, полученного на Стадии (2C4), в форму содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадии (2D4), очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадии (2D6) и/или в фосфорную кислоту со Стадии (2D7) при условии получения аммоний-фосфатного соединения, и опциональная сепарация полученного аммоний-фосфатного соединения.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что выполняют Стадии (1D5) или (2D5), обратное отведение содержащей фосфорную кислоту жидкости, полученной на Стадиях (1D4) или (2D4), для дальнейшего использования на Стадиях (1D3) или (2D3), при этом предпочтительно, чтобы обратно для дальнейшего использования на Стадиях (1D3) или (2D3) отводилось по меньшей мере 10% содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадий (1D4) или (2D4), еще более желательно, если это количество составит минимум от 20 до 80%, самые предпочтительные значения — от 40 до 60%, в зависимости от общего количества содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадий (1D4) или (2D4).

4. Способ по п.1 - 3, отличающийся тем, что выполняют Стадии (1A1) или (2A1), дезинтеграция осадка сточных вод, полученного на Стадиях (1A2) или (2A2), при этом предпочтительно, чтобы дезинтеграция выполнялась за счет механического воздействия, например, с помощью шаровой мельницы, ультразвука и/или повышенного давления и температуры.

5. Способ по п.1 - 4, отличающийся тем, что выполняют Стадии (1B2) или (2B2), подщелачивание конденсированных, NH_3 -насыщенных паров со Стадий (1B1) или (2B1), при этом предпочтительно, чтобы данный способ проходил при добавлении NaOH , в отдельных случаях, при дополнительном добавлении CaO или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковое молоко), и/или с помощью потока воздуха или пара.

6. Способ по п.1 - 5, отличающийся тем, что выполняют Стадии (1D7) или (2D7), концентрация как минимум одной доли очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадии (2D6), таким образом, чтобы в результате получить и сепарировать фосфорную кислоту, при этом желательно применение упаривания.

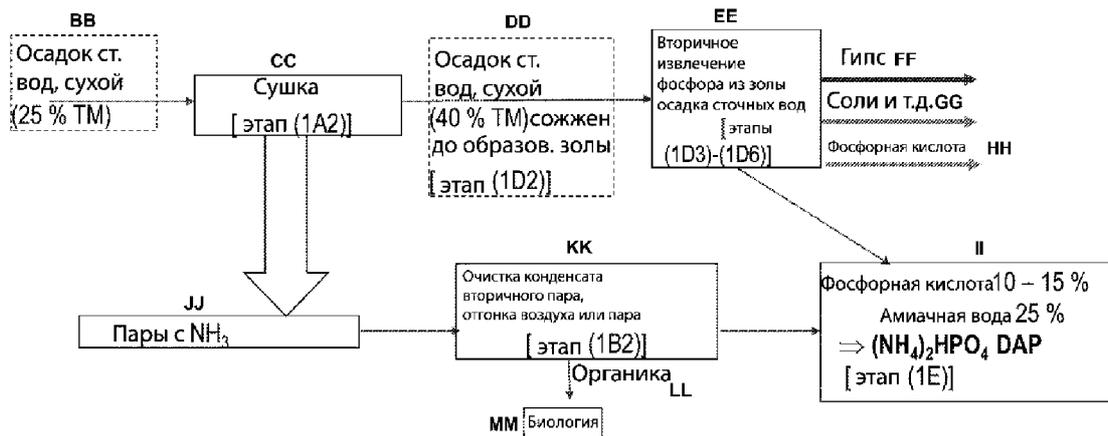
7. Способ по п.1 - 6, отличающийся тем, что выполняют Стадии (1D6) или (2D6), очистка содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадий (1D4) или (2D4) путем добавления серной кислоты, чтобы в результате получить и сепарировать преципитат сульфата кальция и очищенную жидкость, которая содержит фосфорную кислоту.

8. Способ по п.1 - 7, отличающийся тем, что выполняют Стадии (1D6) или (2D6), очистка содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадий (1D4) или (2D4) путем добавления серной кислоты, и последующая очистка за счет использования ионного обмена или жидко-жидкостной экстракции, при этом предпочтительным является ионный обмен.

9. Способ по п.1 - 8, отличающийся тем, что на Стадии (1E) происходит преобразование полученного на Стадии (1B2) аммиака с фосфорной кислотой, или на Стадии (2E) происходит преобразование полученного на Стадии (2B2) и на Стадии (2C4) аммиака с фосфорной кислотой, при этом предпочтительно использовать фосфорную кислоту в виде очищенной содержащей фосфорную кислоту жидкости со Стадий (1D6) или (2D6) и/или в виде фосфорной кислоты со Стадий (1D7) или (2D7).

10. Способ по п.2 - 9, отличающийся тем, что выполняют Стадию (2C1), сепарация твердого вещества биологических отходов в жидкой фазе, выполняется перед Стадией (2C2), при этом предпочтительным методом является центрифугирование.

AA
Обзор технологического процесса



- AA** Обзор технологического процесса
BB Осадок сточных вод, сухой (25% сухой массы)
CC Сушка [этап (1A2)]
DD Осадок сточных вод, сухой (40% сухой массы), сожжен до образования золы [этап (1D2)]
EE Вторичное извлечение фосфора из золы осадка сточных вод [этапы (1D3)-(1D6)]
FF Гипс
GG Соли и т.д.
HH Фосфорная кислота
II Фосфорная кислота 10-15%
 Аммиачная вода 25% => (NH₄)₂HPO₄ DAP [этап (1E)]
JJ Пары с NH₃
KK Очистка конденсата вторичного пара
 Отгонка воздуха или пара [этап (1B2)]
LL Органика
MM Биология

Фиг.1