(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 201591306 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2016.01.29

(22) Дата подачи заявки
2014.03.07

(51) Int. Cl. ***C12P 7/08*** (2006.01)

(54) ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

(31) **61/774,684; 61/774,723; 61/774,731; 61/774,735; 61/774,740; 61/774,744; 61/774,746; 61/774,750; 61/774,752; 61/774,754; 61/774,761; 61/774,773; 61/774,775; 61/774,780; 61/793,336**

(32) **2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.08; 2013.03.15**

(33) **US**

(86) **PCT/US2014/021609**

(87) **WO 2014/138543 2014.09.12**

(71) Заявитель:
КСИЛЕКО, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Медофф Маршалл, Мастерман Томас Крейг, Парадис Роберт (US)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Сырьевые материалы биомассы (например, растительной биомассы, биомассы животных и биомассы бытовых отходов) обрабатывают с получением полезных продуктов, таких как топливо. Например, описаны новые системы, способы и оборудование для перемещения и/или охлаждения обрабатываемой биомассы. На сегодняшний день доступно большое количество потенциального лигноцеллюлозного сырья, включающего, в частности, сельскохозяйственные отходы, древесную биомассу, бытовые отходы, масличные семена/жмых и морские водоросли. В настоящее время указанные материалы часто используют недостаточно, применяя их, например, в качестве корма для животных, биогумусных материалов, топлива для сжигания в установке для совместного производства тепловой и электрической энергии, или даже захоранивая на свалках.

201591306 A1

201591306 A1

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

Настоящая заявка испрашивает приоритет на основании следующих предварительных заявок на патент: США № 61/774684, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774773, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774731, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774735, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774740, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774744, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774746, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774750, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774752, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774754, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774775, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774780, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774761, поданной 8 марта 2013 года; США № 61/774723, поданной 8 марта 2013 года; и США № 61/793336, поданной 15 марта 2013 года. Полное описание каждой из указанных предварительных заявок включено в настоящий документ посредством ссылки.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

На сегодняшний день доступно большое количество потенциального лигноцеллюлозного сырья, включающего, в частности, сельскохозяйственные отходы, древесную биомассу, бытовые отходы, масличные семена/жмых и морские водоросли. В настоящее время указанные материалы часто используют недостаточно, применяя их, например, в качестве корма для животных, биогумусных материалов, топлива для сжигания в установке для совместного производства тепловой и электрической энергии, или даже захоранивая на свалках.

Лигноцеллюлозная биомасса содержит кристаллические целлюлозные фибриллы, встроенные в гемицеллюлозную матрицу, окруженную лигнином. Это обеспечивает компактную матрицу, труднодоступную для ферментов и для других химических, биохимических и/или биологических процессов. Материалы целлюлозной биомассы (например, материал биомассы, из которого был удален лигнин) являются более доступными для ферментов и других процессов превращения, но даже в этом случае природные целлюлозные материалы часто обеспечивают низкий выход (относительно теоретического выхода) при приведении в контакт с гидролизующими ферментами. Лигноцеллюлозная биомасса имеет даже большую сопротивляемость воздействию ферментов. Кроме того,

каждый тип лигноцеллюлозной биомассы имеет свой собственный специфический состав целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В общем, настоящее изобретение относится к способам, оборудованию и системам для обработки материалов, таких как биомасса. Например, в настоящей заявке описаны способы осахаривания или разжижения материала биомассы, например, целлюлозного, лигноцеллюлозного и/или крахмального сырьевого материала, путем превращения материала биомассы в низкомолекулярные сахара, например, осахаривания сырьевого материала с помощью фермента, например, одной или более целлюлаз и/или амилаз. Изобретение также относится к превращению сырьевого материала в продукт, например, путем биообработки, такой как ферментация. В настоящем документе описаны новые системы, способы и оборудование для перемещения и/или охлаждения материалов, таких как материалы биомассы, которые были обработаны, например, для уменьшения их сопротивляемости обработке. Охлаждение (которое может происходить при перемещении) материалов после любой обработки или процессов, описанных в настоящем документе, позволяет увеличить скорости обработки и оперативно подготовить материалы для дополнительной обработки или дополнительных процессов. Например, при необходимости обработки материала биомассы с получением суммарной дозы, которая будет превышать его температуру разложения, если обработка происходит без достаточного охлаждения, целесообразно разбить суммарную дозу на две или более доз с охлаждением в промежутке между дозами.

Согласно одному аспекту настоящее изобретение относится к способу транспортировки материалов, например, биомассы, в том числе, к перемещению биомассы с пониженной сопротивляемостью обработке вдоль внутренних частей винтового транспортера. Способы могут включать доставку биомассы к загрузочному отверстию и также в некоторых случаях выгрузку биомассы через выпускное отверстие винтового транспортера. Необязательно, предложенный способ включает обработку биомассы с помощью ускоренных электронов для уменьшения ее сопротивляемости обработке, например, при этом электроны имеют энергию, составляющую от примерно 0,3 МэВ до примерно 5 МэВ, например, от примерно 0,5 МэВ до примерно 3,5 МэВ, или от примерно 0,8 МэВ до примерно 2 МэВ. Необязательно, перед перемещением (например, с помощью винтового транспортера), биомасса получает дозу, составляющую от примерно 0,5 Мрад до

примерно 50 Мрад, например, от примерно 1 Мрад и 20 Мрад, от примерно 1 Мрад до примерно 15 Мрад, или от примерно 5 Мрад до примерно 15 Мрад.

Согласно некоторому варианту реализации изобретения внутренние части, вдоль которых происходит перемещение биомассы, такие как вал винта, витки винта и/или корпус, охлаждают. Например, внутренние части охлаждают с помощью охлажденной жидкости, такой как вода или смесь гликоля и воды. Необязательно, охлажденную воду охлаждают с использованием башенного охладителя и/или посредством геотермального охлаждения.

Согласно некоторым другим вариантам реализации изобретения транспортер имеет впускное отверстие для биомассы и разгрузочное отверстие для биомассы, при этом перепад температур между биомассой на входе и при выгрузке составляет менее примерно 110˚C (например, менее примерно 75˚C, менее примерно 50˚C, менее примерно 25˚C).

Согласно другим вариантам реализации изобретения способ дополнительно включает измельчение материала биомассы при его перемещении, например, путем резки и/или приложения сдвиговых усилий. Необязательно, с материалом биомассы перед перемещением обработанного материала биомассы, во время или после такого перемещения объединяют добавку, например, указанная добавка может включать воду, кислоту, такую как серная или соляная или фосфорная кислота, основание, металл, смолу, неорганический материал и их смеси.

Согласно другому аспекту настоящее изобретение относится к способу обработки материала, например, материала биомассы, включающему подачу материала в первую камеру для обработки, оборудованную первым электроннолучевым устройством, и облучение материала с применением первого электроннолучевого устройства. Указанный способ также включает охлаждение и перемещение материала с помощью винтового транспортера из первой камеры для обработки. Необязательно, способ дополнительно включает перемещение (например, при одновременном охлаждении) материала с помощью винтового транспортера из первой камеры для обработки во вторую камеру для обработки, оборудованную вторым электронно-лучевым генератором, и облучение материала с помощью пучка электронов с применением второго электроннолучевого устройства. Винтовой транспортер может включать внутренние части, такие как вал винта, витки винта и/или корпус, которые охлаждают, например, охлаждают с помощью охлажденной жидкости, такой как вода или смесь гликоля и воды. Необязательно, охлаждение позволяет понизить температуру материала на от примерно 1 ^{0}C до примерно 110 ^{0}C (например, от примерно 10 ^{0}C до примерно 75 ^{0}C, от примерно 10 ^{0}C до примерно 50 ^{0}C). Необязательно, суммарная доза, доставляемая путем облучения, составляет от примерно 1 до 200 Мрад (например, от примерно 10 до примерно 200 Мрад, от примерно 10 Мрад до примерно 50

Мрад, от примерно 20 Мрад до примерно 40 Мрад, от примерно 25 до примерно 35 Мрад). В некоторых случаях температура (например, температура биомассы) во время облучения не превышает примерно 200 °С (например, не превышает примерно 180 °С, не превышает примерно 160 °С, не превышает примерно 150 °С, не превышает примерно 140 °С, не превышает примерно 130 °С, не превышает примерно 120 °С, не превышает примерно 110 °С). Необязательно, температура материала во время облучения увеличивается на от примерно 10 °С до примерно 250 °С (например, от примерно 10 °С до примерно 150 °С, от примерно 50 °С до примерно 150 °С, от примерно 75 °С до примерно 150 °С).

Необязательно, винтовые транспортеры, применяемые в способах и системах, описанных в настоящем документе, могут содержать два или более винтов.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения, описанным в настоящем документе, материал включает материал биомассы, такой как целлюлозный и/или лигноцеллюлозный материал. Например, биомассу можно выбрать из группы, состоящей из древесины, прессованной древесины, опилок, сельскохозяйственных отходов, сточных вод, силоса, трав, рисовой шелухи, жмыха, хлопка, джута, конопли, льна, бамбука, сизаля, абаки, соломы, стержней кукурузных початков, кукурузной соломы, просо прутьевидного, люцерны, сена, волосяного покрова кокоса, морских водорослей, водорослей и их смесей.

Варианты реализации изобретения могут необязательно включать один или более из следующих обобщенных признаков. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения выбранные признаки можно применять или использовать в любом порядке, тогда как согласно другим вариантам реализации изобретения применяют или используют конкретную выбранную последовательность. Отдельные признаки можно применять или использовать несколько раз в любой последовательности и даже непрерывно. Кроме того, всю последовательность или часть последовательности применяемых или используемых признаков можно применять или использовать один раз, неоднократно или непрерывно в любом порядке. Согласно некоторым возможным вариантам реализации изобретения указанные признаки можно применять или использовать с другими или, где это применимо, с одинаковыми, заданными или варьирующими, количественными или качественными параметрами, определяемыми специалистом в данной области техники. Например, параметры таких признаков, как размер, индивидуальные размеры (например, длина, ширина, высота), местоположение, степень (например, в какой степени, например, степени сопротивляемости обработке), продолжительность, частота применения, плотность, концентрация, интенсивность и скорость, можно изменять или установить, где это применимо, как определено специалистом в данной области техники.

Признаки, например, включают: способ транспортировки материала и/или способ обработки материала; перемещение материала с пониженной сопротивляемостью обработке вдоль внутренних частей винтового транспортера; доставку материал к загрузочному отверстию винтового транспортера; выгрузку материала через выпускное отверстие винтового транспортера; обработку материала с помощью ускоренных электронов для уменьшения ее сопротивляемости обработке; обработку материала с помощью ускоренных электронов с энергией от примерно 0,3 МэВ до примерно 5 МэВ; обработку материала с помощью ускоренных электронов с энергией от примерно 0,5 МэВ до примерно 3,5 МэВ; обработку материала с помощью ускоренных электронов с энергией от примерно 0,8 МэВ до примерно 2 МэВ; облучение материала дозой от примерно 0,5 Мрад до примерно 20 Мрад и затем перемещение материала; облучение материала дозой от примерно 1 Мрад до примерно 15 Мрад и затем перемещение материала; облучение материала дозой от примерно 5 Мрад до примерно 15 Мрад и перемещение материала; перемещение материала с помощью винтового транспортера, при этом внутренние части винтового транспортера, вдоль которых происходит перемещение материала, охлаждают; перемещение материала с помощью винтового транспортера, при этом вал винта винтового транспортера охлаждают; перемещение материала с помощью винтового транспортера, при этом витки винта винтового транспортера охлаждают; перемещение материала с помощью винтового транспортера, при этом корпус винтового транспортера охлаждают; перемещение материала с помощью винтового транспортера, при этом внутренние части винта охлаждают с применением охлаждаемой жидкости; перемещение материала с помощью винтового транспортера, при этом внутренние части винтового транспортера охлаждают с применением воды; перемещение материала с помощью винтового транспортера, при этом внутренние части винтового транспортера охлаждают с применением смеси гликоля и воды; охлаждение охлажденной воды, применяемой для охлаждения материала, перемещаемого с помощью винтового транспортера, с применением башенного охладителя и/или геотермального охлаждения; транспортер, содержащий впускное отверстие для материала и разгрузочное отверстие для материала, при этом перепад температур между материалом на входе и при выгрузке составляет менее примерно 110˚С; транспортер, содержащий впускное отверстие для материала и разгрузочное отверстие для материала, при этом перепад температур между материалом на входе и при выгрузке составляет менее примерно 75˚С; транспортер, содержащий впускное отверстие для материала и разгрузочное отверстие для материала, при этом перепад температур между материалом на входе и при выгрузке составляет менее примерно 50˚С; транспортер, содержащий впускное отверстие для материала и разгрузочное отверстие для материала, при этом перепад температур между материалом на входе и при

выгрузке составляет менее примерно 25˚С; измельчение материала при перемещении материала; резка материала при перемещении материала; приложение сдвиговых усилий к материалу при перемещении материала; воду объединяют с материалом перед перемещением материала; воду объединяют с материалом после перемещения материала; воду объединяют с материалом во время перемещения материала; кислоту объединяют с материалом перед перемещением материала; кислоту объединяют с материалом после перемещения материала; кислоту объединяют с материалом во время перемещения материала; основание объединяют с материалом перед перемещением материала; основание объединяют с материалом после перемещения материала; основание объединяют с материалом во время перемещения материала; металл объединяют с материалом перед перемещением материала; металл объединяют с материалом после перемещения материала; металл объединяют с материалом во время перемещения материала; смолу объединяют с материалом перед перемещением материала; смолу объединяют с материалом после перемещения материала; смолу объединяют с материалом во время перемещения материала; неорганический материал объединяют с материалом перед перемещением материала; неорганический материал объединяют с материалом после перемещения материала; неорганический материал объединяют с материалом во время перемещения материала; серную кислоту объединяют с материалом перед перемещением материала; серную кислоту объединяют с материалом после перемещения материала; серную кислоту объединяют с материалом во время перемещения материала; соляную кислоту объединяют с материалом перед перемещением материала; соляную кислоту объединяют с материалом после перемещения материала; соляную кислоту объединяют с материалом во время перемещения материала; фосфорную кислоту объединяют с материалом перед перемещением материала; фосфорную кислоту объединяют с материалом после перемещения материала; фосфорную кислоту объединяют с материалом во время перемещения материала; материал направляют в первую камеру для обработки, оборудованную первым электроннолучевым устройством; облучение материала в первой камере для обработки с помощью пучка электронов с применением первого электроннолучевого устройства; перемещение материала с помощью винтового транспортера из первой камеры для обработки; перемещение материала во вторую камеру для обработки, оборудованную вторым электроннолучевым устройством и облучение материала с помощью второго пучка электронов; охлаждение материала с применением винтового транспортера на от примерно 1˚С до 110˚С; охлаждение материала с применением винтового транспортера на от примерно 10˚С до примерно 75 ˚С; охлаждение материала с применением винтового транспортера на от примерно 10˚С до примерно 50˚С; доставку в материал суммарной дозы облучения, составляющей от примерно 1 до 200 Мрад; доставку в

материал суммарной дозы облучения, составляющей от примерно 10 Мрад до примерно 50 Мрад; доставку в материал суммарной дозы облучения, составляющей от примерно 20 Мрад до примерно 40 Мрад; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 200°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 180°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 160°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 150°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 140°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 130°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 120°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения не превышает примерно 110°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения возрастает на от примерно 10°С до примерно 250°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения возрастает на от примерно 10 °С до примерно 150°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения возрастает на от примерно 50°С до примерно 150°С; облучение материала, при котором температура материала во время облучения возрастает на от примерно 75°С до примерно 150°С; обработку материала биомассы; обработку лигноцеллюлозного материала; обработку древесины; обработку прессованной древесины; обработку опилок; обработку сельскохозяйственных отходов; обработку сточных вод; обработку силоса; обработку трав; обработку рисовой шелухи; обработку жмыха; обработку хлопка; обработку джута; обработку конопли; обработку льна; обработку бамбука; обработку сизаля; обработку абаки; обработку соломы; обработку стержней кукурузных початков; обработку кукурузной соломы; обработку просо прутьевидного; обработку люцерны; обработку сена; обработку волосяного покрова кокоса; обработку морских водорослей; обработку водорослей; перемещение материала с применением двух или более винтовых транспортеров.

Все публикации, заявки на патент, патенты и другие ссылки, упомянутые в настоящем документе или прилагаемые к нему, в полном объеме включены посредством ссылки для включения всего материала, который они содержат.

ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг. 1А представляет собой схематическое изображение, на котором показан пример системы охлаждения согласно одному из вариантов реализации изобретения. Фиг. 1В представляет собой подробное изображение части системы охлаждения.

Фиг. 2А представляет собой увеличенное поперечное сечение части системы охлаждения, показанной на фиг. 1. Фиг. 2В представляет собой увеличенное поперечное сечение другого возможного варианта реализации части системы охлаждения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

При применении способов, описанных в настоящем документе, многие материалы, такие как биомасса (например, растительная биомасса, биомасса животных, бумага и биомасса бытовых отходов) можно обработать с получением полезных промежуточных соединений и продуктов, таких как сахара, сахарные спирты, органические кислоты, соли органических кислот, ангидриды, сложные органические кислоты и топлива, например, топлива для двигателей внутреннего сгорания или сырьевые материалы для топливных элементов. В настоящую заявку включены многие способы, которые включают осахаривание биомассы для получения сахаров, и в некоторых случаях ферментацию образовавшихся сахаров с получением других продуктов и/или промежуточных соединений. Способы и материалы, описанные в настоящем документе, включают регулирование температуры во время и/или после стадий обработки для уменьшения или устранения разрушения (например, разложения) обработанного материала.

В настоящем документе описано охлаждение материалов биомассы, которые были обработаны, например, обработаны для уменьшения их сопротивляемости обработке. Например, материал можно подвергнуть облучению, как описано в настоящем документе, что может привести к повышению температуры биомассы, например, повышению температуры биомассы на от примерно 10 ^{0}C до примерно 250 ^{0}C (например, от примерно 10 ^{0}C до 200 ^{0}C, от примерно 10 ^{0}C до 150 ^{0}C, от примерно 10 ^{0}C до 100 ^{0}C, от примерно 20 ^{0}C до примерно 100 ^{0}C, от примерно 20 до 75 ^{0}C, от примерно 50 ^{0}C до примерно 200 ^{0}C, от примерно 50 ^{0}C до 150 ^{0}C, от примерно 75 ^{0}C до примерно 150 ^{0}C).

Охлаждение материалов после любой такой обработки или процесса, описанного в настоящем документе, позволяет увеличить скорости обработки и уменьшить потери, например, потери, связанные с термическим разложением, и позволяет оперативно подготовить обработанный или переработанный материал для дополнительной обработки или проведения дополнительных процессов. Как показано на фиг. 1А, охлаждающую воду можно направить по трубам во впускное отверстие 10 геотермального наземного контура 12,

который затем удаляет тепло, полученное от водяного башенного охладителя. Геотермальный наземный контур 12 включает извилистый отрезок трубы 14 (например, медной или пластмассовой), встроенный посредством фундамента 30. В некоторых случаях, трубу 14 устанавливают при заливке фундамента, при этом указанный фундамент используют на том участке завода, который требует толстой подушки фундамента, например, на участке, содержащем оборудование для облучения, описанное ниже. Согласно некоторым альтернативным вариантам реализации изобретения геотермальный наземный контур расположен на другом участке, например, в стороне от любых строений, оборудования и/или фундаментов так, чтобы к нему можно было легко получить доступ (например, выкопав). Например, геотермальный наземный контур может находиться на участке, который не будет использоваться для другого строительства, например, под водохранилищем. Согласно некоторым альтернативным вариантам реализации изобретения можно использовать открытый геотермальный контур или закрытый геотермальный контур. Возможные варианты открытых и закрытых геотермальных контуров описаны в документе «Recommendations for Geothermal Heating and Cooling Systems», Совет по водным ресурсам Огайо, Государственный координационный комитет по грунтовым водам, февраль 2012 года, который доступен в интернете на веб-сайте http://wwwapp.epa.ohio.gov/ddagw/SCCGW/Documents/GHCS.pdf, 3 марта 2013 года, полное описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки. На фиг. 1A показан фундамент 30, поддерживающий камеру для облучения биомассы, при этом земля не показана, чтобы не загораживать изображение фундамента и подземного трубопровода. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения геотермальный контур может быть полностью встроен в фундамент. Вода выходит из геотермального наземного контура 12 на выходе 20 при температуре примерно 55˚F (примерно 13 °C), и поступает в корпус транспортера 16, например, камеру охлаждения для золы, структура которой будет описана ниже со ссылкой на фиг. 2A и B, через впускное отверстие 17. Двигатель для приведения в движение вала корпуса 16 можно заключить в оболочку 60. Температура воды, поступающей в камеру охлаждения для золы корпуса 16, является достаточно низкой, так что вода сможет охладить биомассу, которая была нагрета до температуры от примерно 75 до 150 ˚F (от примерно 24 °C до примерно 66 °C), поступающую в камеру охлаждения для золы через впускное отверстие 18. Охлажденная биомасса при температуре примерно 73˚F (примерно 23 °C), выходит из камеры охлаждения для золы корпуса 16 через выпускное отверстие для биомассы 19, тогда как охлаждающая вода, температура которой снова повысилась, выходит через выпускную трубу воды 22. Перепад температур между впускным отверстием и выпускным отверстием камеры охлаждения может составлять менее примерно 110 градусов

С (например, менее примерно 75 градусов С, менее примерно 50 градусов С, менее примерно 25 градусов С). Материал можно охладить, например, на от примерно 1 ^{0}C до примерно 110 ^{0}C (например, от примерно 10 ^{0}C до примерно 75 ^{0}C, от примерно 10 ^{0}C до примерно 50 ^{0}C).

Фиг. 1B представляет собой подробный вид спереди мешочного фильтра, который сообщается по текучей среде с замкнутым пневматическим транспортером и камерой охлаждения для золы корпуса 16. Биомассу перемещают в газообразной среде (например, воздухе посредством пневматического конвейерного транспорта) в мешочной фильтр через пневматическую трубу 46. Мешочной фильтр улавливает мелкие частицы биомассы и позволяет более крупным частицам биомассы осаждаться через впускное отверстие 18 камеры охлаждения для золы корпуса 16, как указано стрелкой. Поворотный клапан, установленный у 50 и приводимый в действие с помощью двигателя 52, позволяет регулировать поток биомассы и газов. Газ возвращается, чтобы завершить кругооборот в замкнутом пневматическом транспортере по трубе 48. Газ также отводят в проточную камеру 40. Необязательно, проточная камера 40 может включать системы очистки газа (такие как технологии контроля загрязнения воздуха), например, угольный фильтр, для удаления озона, летучих органических соединений углерода и/или вредных загрязнителей атмосферы. Вентилятор 42 (например, осевой вентилятор) засасывает воздух через проточную камеру в направлении, показанном стрелками, нарисованными в камере 40, и выбрасывает в атмосферу через выпускное отверстие 44. Необязательно, выходящий воздух проходит через камеру 40 со скоростью примерно 300 фут^{3}/мин (примерно 91,4 м/мин) (например от примерно 20 (примерно 6,1 м/мин) до 1000 фут^{3}/мин (примерно 305 м/мин), от примерно 50 (примерно 15,2 м/мин) до 500 фут^{3}/мин (примерно 152 м/мин), от примерно 100 (примерно 30,5 м/мин) до 400 фут^{3}/мин (примерно 122 м/мин)). Расход воздуха в замкнутом пневматическом транспортере составляет от примерно той же величины, что и расход воздуха, выходящего из выпускного отверстия 44, до более высокого значения, чем расход в замкнутом транспортере. Расход воздуха, выходящего из выпускного отверстия, может быть в примерно от 1 до 10 раз выше, чем расход воздуха в замкнутом пневматическом транспортере (например, в от 1 до 6 раз, в от 1 до 3 раз, в от 1 до 2 раз).

Как показано на фиг. 2A, который представляет собой боковое поперечное сечение охлаждающего транспортера, охлаждающая вода проходит через корпус 23, который включает внутреннюю оболочку 25 и внешнюю оболочку 27, которые ограничивают пространство между собой для потока жидкости. Горячую биомассу (например, при температуре T1) перемещают через корпус 16 (например, камеру охлаждения для золы) с помощью винтового транспортера, который содержит вращающийся винт 24. Вал 26 и виток

28 винта 24 являются полыми и также охлаждаются за счет рециркуляции воды из геотермального наземного контура 12. Приводной двигатель (не показано) механически связан с валом, обеспечивающим крутящий момент, необходимый для вращения вала и винта.

В 16 частицы биомассы подвергаются непрерывному движению под действием спиралей винта 25 и постоянно меняют местоположение. Это заставляет частицы при перемещении через транспортер приходить в частый и повторяющийся контакт с внутренними поверхностями транспортера, которые охлаждаются, поскольку они находятся в тепловом контакте с охлаждающей водой, например, наружной поверхностью винта 24 и внутренней оболочкой 25. Вращающее, перемещающее, складывающее и диспергирующее действие увеличивает теплообмен между биомассой и охлаждающими жидкостями в винте и корпусе. Соответственно, температура биомассы, выходящей из камеры охлаждения винта (T2) ниже, чем температура биомассы, поступающей в винтовую камеру охлаждения (например, T1>T2).

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения камера охлаждения для золы содержит более одного винта. Например, фиг. 2B представляет собой вид сверху поперечного сечения охлаждающего винтового транспортера с двумя винтами. Винтовые транспортеры могут входить в зацепление, как показано. Двухвинтовой транспортер содержит похожие компоненты, что и одновинтовой транспортер, но имеет больший внутренний объем, содержащий два винта. Горячая биомасса поступает (например, падает) в камеру охлаждения через впускное отверстие 218 в верхней части транспортера и перемещается через камеру охлаждения, например как показано стрелками, благодаря завинчивающему/вращающему/перемещающему действию винтов 224. Охлажденная биомасса выходит (например, осаждается) из винтового транспортера через выпускное отверстие 220, расположенное на нижней стороне транспортера. Охлаждающая вода проходит через корпус 223, который содержит внутреннюю оболочку 225 и внешнюю оболочку 227, которые ограничивают пространство между собой для потока жидкости. Валы 226 и витки 228 винтов 224 являются полыми и охлаждаются за счет рециркуляции воды из геотермального наземного контура 12. Согласно другим вариантам реализации изобретения в охлаждающем транспортере можно использовать три, четыре, пять, шесть или даже более винтов. Так, в одновинтовом варианте реализации изобретения температура биомассы, входящей в винтовую камеру охлаждения (T1), больше температуры биомассы (T2), выходящей из винтовой камеры охлаждения.

Транспортеры (например, витки винта, вал, внутреннюю оболочку винтовой камеры охлаждения) можно выполнить из коррозионностойких материалов или покрыть

коррозионностойкими материалами. Например, в транспортерах можно использовать конструкционные материалы, которые включают нержавеющую сталь (например, нержавеющую сталь 304, 316, сплавы HASTELLOY® (ХАСТЕЛЛОУ) и сплавы INCONEL® (ИНКОНЕЛЬ)). Например, коррозионностойкие сплавы HASTELLOY® от компании Hynes (Кокомо, Индиана, США), такие как сплав HASTELLOY® B-3®, сплав HASTELLOY® HYBRID-BC1® (ГИБРИД-BC1), сплав HASTELLOY® C-4, сплав HASTELLOY® C-22®, сплав HASTELLOY® C-22HS®, сплав HASTELLOY® C-276, сплав HASTELLOY® C-2000®, сплав HASTELLOY® G-30®, сплав HASTELLOY® G-35®, сплав HASTELLOY® N и сплав HASTELLOY® ULTIMET® (УЛЬТИМЕТ). Например, некоторые покрытия, которые можно использовать, и соответствующая величина микротвердости перечислены ниже: нитрид титан (TiN: 2300 HV (твердость по Виккерсу) 0,05), нитрид алюминия и хрома (AlCrN: 3200 HV 0,05), карбонитрид титана (TiCN: 3000 HV 0,05), карбид вольфрама/углерод (WC/C: 1500HV0,05/1000 HV 0,05), нитрид хрома (CrN: 1750 HV 0,05), алмазоподобный углерод (DLC: >2000 HV 0,05), нитрид титана и алюминия (TiAlN: 3300 HV 0,05 и $TiAlN_x$: 3400 HV 0,05), нитрид титана и хрома (TiCrN: 2100 HV 0,05). Согласно некоторым вариантам реализации изобретения, применяют процесс нанесения покрытия, известный как TDX, который представляет собой процесс, идеально подходящий для некоторых применений. TDX-покрытие наносят в ванне с расплавленной солью, что позволяет получить очень равномерный и гладкий слой карбидов. TDX-карбиды металлургически связаны с оборудованием, что приводит к чрезвычайно высокой адгезионной прочности и сопротивлению отслаиванию. Показатели твердости TDX-покрытий составляют примерно 4200 единиц твердости по Виккерсу. Например, некоторые дополнительные покрытия могут быть обеспечены компанией Tool Dynamics Inc (Колумбус, Индиана), такие как TDX Supreme I, TDX Supreme II и TDX Supreme III.

Покрытия можно нанести такими способами, как физическое осаждение из газовой фазы (PVD), термическое напыление, HVOF (высокоскоростное газопламенное напыление) (высокоскоростной, низкотемпературный процесс нанесения покрытий), плазменное напыление, электродуговое напыление и электроосаждение. Такие покрытия могут обеспечить защиту от различного рода износа, например, износа при ударе, абразивного изнашивания, эрозии, уплотнения, кавитации, истирания, коррозии и окисления.

Транспортеры, которые можно использовать в способах, описанных в настоящем документе (например, охлаждающие транспортеры, камеры охлаждения для золы, теплообменные транспортеры) включают транспортеры, которые можно приобрести на рынке. Например, в компании AFM Bruns (Германия), Zhengzhou Yufeng Heavy Machinery Co., Ltd. (Китай), Therma-Flite Inc. (США), Qingdao Shongdian Energy Equipment Co., Ltd.

(Китай), Magalidi Industrie S.R.L (Италия), Quigdao Zhongdian Energy equipment Co. Ltd. (Китай) и Jiangsu Hongbang Environment Engineering Co. Ltd. (Китай), Xinxian Shengxiang Material Trading Co. Ltd и Thomas Conveyor (США). Транспортеры можно приобрести и также модифицировать (например, с помощью покрытий и т.п.).

Охлаждающую воду можно заменить на другие охлаждающие жидкости, например, масло и/или спирт, (например, этанол, бутанол и/или гликоль). Также можно использовать смесь воды и спиртов, например, воду с этанолом, воду с гликолем. Например, можно использовать смеси воды и гликоля с содержанием гликоля от примерно 5% до 80% (например, от 5 до 20%, от примерно 10 до 50%, от примерно 10 до 30%, от примерно 40 до 60%). Можно добавлять другие добавки, например бактерициды, бактериостатические агенты и/или антикоррозийные средства.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения добавку объединяют с обработанным материалом биомассы перед перемещением обработанного материала, во время или после перемещения. Например, добавка может представлять собой добавку, выбранную из группы, состоящей из воды, кислоты, основания, металла, смолы, неорганического материала и их смеси.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения биомассу и/или другой материал можно измельчить (например, путем резки, раскалывания и/или раздирания материалов) в камере охлаждения для золы/с применением указанной камеры. Например, виток винта может быть зубчатым или зазор между витком винта и внутренней оболочкой 25 винтового транспортера достаточно большой, чтобы измельчить материал, находящийся между ними. В конфигурациях, при которых используют более одного винта, винты можно расположить таким образом, чтобы увеличить и/или уменьшить приложение сдвиговых усилий и раскалывание, например, путем зацепления винтов и/или сближения поверхностей витков винта друг к другу или их удаления друг от друга. Альтернативно, винтовой транспортер может экструдировать материал через сетку (например, проволочную сетку) или плиту с отверстиями.

Камеру охлаждения для золы можно также использовать для нагревания биомассы или любого материала, перемещаемого в указанную камеру. Например, путем прохождения нагревающей жидкости (например, масла или воды) в полые винты, вал и корпус винтовых транспортеров. Например, при этом температура биомассы повышается на по меньшей мере 20 ^{0}C (например, по меньшей мере 30 ^{0}C, по меньшей мере 50 ^{0}C, по меньшей мере 100 ^{0}C). После охлаждения, материал биомассы можно вернуть на участок обработки для уменьшения сопротивляемости обработке с целью дополнительной обработки, например,

облучения, или указанный материал можно переместить на другую стадию обработки, такую как осахаривание.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения охлаждающую жидкость из винтовой камеры охлаждения приводят в контакт с головным теплообменником, который передает энергию в другие процессы, такие как процесс осахаривания. Согласно такому варианту реализации изобретения нагрев вследствие обработки биомассы передают на стадию осахаривания, например, для нагревания смеси биомассы, воды и целлюлазы до от примерно 40 ^{0}C до 60 ^{0}C.

Больше подробностей и повторных описаний способов обработки сырьевого материала, которые можно использовать, например, с вариантами реализации изобретения, уже описанными выше, или согласно другим вариантам реализации изобретения, рассмотрено в последующем описании. В частности, системы охлаждения, описанные в настоящем документе, можно использовать, например, в процессах, которые включают обработку сырьевого материала и стадии обработки, описанные в следующих разделах.

СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЫРЬЕВОГО МАТЕРИАЛА

Процессы превращения сырьевого материала в сахара и другие продукты, в которых можно использовать описанные выше способы перемещения, могут включать, например, необязательную предварительную обработку сырьевого материала физическими способами, например, для уменьшения его размера, до и/или после такой обработки, необязательную обработку сырьевого материала для уменьшения его сопротивляемости обработке (например, путем облучения) и осахаривание сырьевого материала с получением раствора сахара. Осахаривание можно осуществить путем смешивания дисперсии сырьевого материала в жидкой среде, например, воде, с ферментом, как будет подробно описано ниже. Во время или после осахаривания смесь (если осахаривание должно быть частично или полностью выполнено в пути) или раствор можно транспортировать, например, с помощью трубопровода, железнодорожного вагона, грузового автомобиля или баржи, на производственное предприятие. На предприятии указанный раствор можно подвергнуть биологической обработке, например, ферментации, с получением требуемого продукта или промежуточного соединения, которое можно затем обработать дополнительно, например, путем дистилляции. Отдельные стадии обработки, применяемые материалы и примеры продуктов и промежуточных соединений, которые могут быть получены, будут подробно описаны ниже.

ОБРАБОТКА ИЗЛУЧЕНИЕМ

Сырьевой материал можно обработать путем облучения для модифицирования его структуры для уменьшения сопротивляемости материала обработке. Такая обработка позволяет, например, понизить среднюю молекулярную массу исходного сырья, изменить кристаллическую структуру исходного сырья и/или увеличить площадь поверхности и/или пористость исходного сырья. Облучение можно осуществить с помощью, например, пучка электронов, ионного пучка, ультрафиолетового (УФ) излучения с длиной волны от 100 нм до 28 нм, гамма-излучения или рентгеновского излучения. Обработка облучением и системы для такой обработки описаны в патенте США № 8142620 и в заявке на патент США № 12/417731, полное описание которых включено в настоящий документ посредством ссылки.

Каждая форма излучения ионизирует биомассу посредством конкретных взаимодействий, которые определяются энергией излучения. Тяжелые заряженные частицы в основном ионизируют вещества за счет кулоновского рассеяния; кроме того, указанные взаимодействия генерируют быстрые электроны, которые могут дополнительно ионизировать вещество. Альфа-частицы идентичны ядру атома гелия и образуются при альфа-распаде различных радиоактивных ядер, таких как изотопы висмута, полония, астата, радона, франция, радия, некоторых актинидов, таких как актиний, торий, уран, нептуний, кюрий, калифорний, америций и плутоний. Электроны взаимодействуют через кулоновское рассеяние и тормозное излучение, возникающее при изменении скорости электронов.

При применении частиц указанные частицы могут быть нейтральными (незаряженными), положительно заряженными или отрицательно заряженными. Будучи заряженными, заряженные частицы могут нести один положительный или отрицательный заряд или несколько зарядов, например, один, два, три или даже четыре или более зарядов. В тех случаях, когда необходимо расщепление цепей для изменения молекулярной структуры углеводсодержащего материала, предпочтительными могут быть положительно заряженные частицы, в том числе, благодаря их кислотной природе. При применении частиц указанные частицы могут иметь массу покоящегося электрона или больше, например, в 500, 1000, 1500 или 2000 или более раз больше массы покоящегося электрона. Например, частицы могут иметь массу от примерно 1 атомной единицы до примерно 150 атомных единиц, например, от примерно 1 атомной единицы до примерно 50 атомных единиц или от примерно 1 до примерно 25, например, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 или 15 атомных единиц.

Гамма облучение имеет преимущество, состоящее в значительной глубине проникновения в различные материалы в образце.

Согласно вариантам реализации изобретения, в которых облучение осуществляют посредством электромагнитного излучения, энергия на фотон (в электрон-вольтах) электромагнитного облучения может составлять, например, больше, чем 10^2 эВ, например, больше 10^3, 10^4, 10^5, 10^6 или даже больше 10^7 эВ. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения энергия на фотон электромагнитного излучения составляет от 10^4 до 10^7, например, от 10^5 до 10^6 эВ. Частота электромагнитного излучения может составлять, например, больше 10^{16} Гц, больше 10^{17} Гц, 10^{18}, 10^{19}, 10^{20} или даже больше 10^{21} Гц. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения частота электромагнитного облучения составляет от 10^{18} до 10^{22} Гц, например, от 10^{19} до 10^{21} Гц.

Бомбардировку электронами можно осуществить с помощью электроннолучевого устройства, номинальная энергия которого составляет менее 10 МэВ, например, менее 7 МэВ, менее 5 МэВ или менее 2 МэВ, например, от примерно 0,5 до 1,5 МэВ, от примерно 0,8 до 1,8 МэВ или от примерно 0,7 до 1 МэВ. Согласно другим вариантам реализации изобретения номинальная энергия составляет от примерно 500 до 800 кэВ.

Пучок электронов может иметь сравнительно высокую суммарную мощность (объединенную мощность пучка всех ускоряющих головок, или, при применении нескольких ускорителей, всех ускорителей и всех головок), например, по меньшей мере 25 кВт, например, по меньшей мере 30, 40, 50, 60, 65, 70, 80, 100, 125 или 150 кВт. В некоторых случаях мощность даже составляет 500 кВт, 750 кВт или даже 1000 кВт или более. В некоторых случаях мощность пучка электронов составляет 1200 кВт или более, например, 1400, 1600, 1800 или даже 3000 кВт.

Такую высокую суммарную мощность пучка обычно достигают путем применения нескольких ускоряющих головок. Например, электроннолучевое устройство может включать две, четыре или более ускоряющих головки. Применение нескольких головок, каждая из которых имеет сравнительно низкую мощность пучка, предотвращает чрезмерное повышение температуры материала, предотвращая, тем самым, горение материала, и также увеличивает однородность дозы, проходящей через толщину слоя материала.

В целом, предпочтительно, что слой материала биомассы имеет сравнительно равномерную толщину. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения толщина составляет меньше примерно 1 дюйма (2,54 см) (например, меньше примерно 0,75 дюйма (1,905 см), меньше примерно 0,5 дюйма (1,27 см), меньше примерно 0,25 дюйма (0,635 см), меньше примерно 0,1 дюйма (0,254 см), от примерно 0,1 (0,254 см) до 1 дюйма (2,54 см), от примерно 0,2 (0,508 см) до 0,3 дюйма (0,762 см)).

Желательно обрабатывать материал как можно быстрее. В целом, предпочтительно, когда обработку можно выполнить при мощности дозы излучения большей, чем примерно

0,25 Мрад на сек, например, больше примерно 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 5, 7, 10, 12, 15 или даже больше примерно 20 Мрад на сек, например, от примерно 0,25 до 2 Мрад на сек. Более высокие мощности дозы позволяют обеспечить более высокую пропускную способность заданной (например, требуемой) дозы. Более высокие мощности дозы в целом требуют более высокие линейные скорости для избежания термического разложения материала. Согласно одному из вариантов реализации изобретения ускоритель устанавливают на 3 МэВ, ток пучка 50 мА и линейная скорость составляет 24 футов/минуту (731,52 см/минуту), для толщины образца примерно 20 мм (например, измельченного материала из стержня кукурузного початка с объемной плотностью 0,5 г/см^3).

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения бомбардировку электронами осуществляют до получения материалом суммарной дозы по меньшей мере 0,1 Мрад, 0,25 Мрад, 1 Мрад, 5 Мрад, например, по меньшей мере 10, 20, 30 или по меньшей мере 40 Мрад. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения обработку осуществляют до получения материалом дозы от примерно 10 Мрад до примерно 50 Мрад, например, от примерно 20 Мрад до примерно 40 Мрад или от примерно 25 Мрад до примерно 30 Мрад. Согласно другим вариантам реализации изобретения предпочтительной является суммарная доза от 25 до 35 Мрад, применяемая в идеале на протяжении пары циклов, например, при 5 Мрад/цикл, при этом каждый цикл продолжается в течение примерно одной секунды. Способы, системы и оборудование для охлаждения можно использовать перед, во время, после и между циклами облучения, например, путем применения охлаждающего винтового транспортера и/или охлаждаемого вибрационного транспортера.

Используя несколько головок, как описано выше, материал можно обработать за несколько циклов, например, за два цикла при дозе от 10 до 20 Мрад/цикл, например, от 12 до 18 Мрад/цикл, разделенных несколькими секундами охлаждения, или за три цикла при дозе от 7 до 12 Мрад/цикл, например, от 5 до 20 Мрад/цикл, от 10 до 40 Мрад/цикл, от 9 до 11 Мрад/цикл. Как описано в настоящей заявке, обработка материала с помощью нескольких сравнительно низких доз обычно лучше, чем одна высокая доза, предотвращает перегревание материала и также повышает однородность дозы, проходящей через толщину материала. Согласно другим вариантам реализации изобретения материал перемешивают или иным образом смешивают во время или после каждого цикла и затем перед следующим циклом опять выравнивают с получением равномерного слоя для дополнительного повышения однородности при обработке.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения электроны ускоряются, например, до скорости больше чем 75 процентов относительно скорости света, например, больше чем 85, 90, 95 или 99 процентов относительно скорости света.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения любую обработку, описанную в настоящей заявке, проводят с применением лигноцеллюлозного материала, который остается сухим, как при покупке, или который был высушен, например, с помощью тепла и/или пониженного давления. Например, согласно некоторым вариантам реализации изобретения целлюлозный и/или лигноцеллюлозный материал содержит менее примерно 25 % масс. удерживаемой воды, измеренной при 25°C и при относительной влажности пятьдесят процентов (например, менее примерно 20 % масс., менее примерно 15 % масс., менее примерно 14 % масс., менее примерно 13 % масс., менее примерно 12 % масс., менее примерно 10 % масс., менее примерно 9 % масс., менее примерно 8 % масс., менее примерно 7 % масс., менее примерно 6 % масс., менее примерно 5 % масс., менее примерно 4 % масс., менее примерно 3 % масс., менее примерно 2 % масс., менее примерно 1 % масс. или менее примерно 0,5 % масс.).

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения можно применять два или более ионизирующих источников, таких как два или более источника электронов. Например, пробы можно обработать, в любом порядке, с помощью пучка электронов, с последующим гамма-облучением и УФ облучением с длинами волн от примерно 100 нм до примерно 280 ни. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения пробы обрабатывают с помощью трех источников ионизирующего облучения, таких как пучок электронов, гамма-облучение и УФ облучение с высокой энергией. Биомассу перемещают через зону обработки, где ее можно подвергнуть бомбардировке электронами.

Может быть предпочтительным повторить обработку для более основательного уменьшения сопротивляемости биомассы обработке и/или дополнительного модифицирования биомассы. В частности, технологические параметры можно отрегулировать после первого (например, второго, третьего, четвертого или более) цикла в зависимости от сопротивляемости материала обработке. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения можно использовать транспортер, который содержит круговую систему, в которой биомассу несколько раз перемещают через различные процессы, описанные выше. Согласно некоторым другим вариантам реализации изобретения для многократной обработки биомассы (например, 2, 3, 4 или более раз) применяют несколько обрабатывающих устройств (например, электронно-лучевые генераторы). Согласно другим вариантам реализации изобретения единственный электронно-лучевой генератор может быть источником нескольких пучков (например, 2, 3, 4 или более пучков), которые можно использовать для обработки биомассы.

Эффективность при изменении молекулярной/супермолекулярной структуры и/или уменьшении сопротивляемости углеводсодержащей биомассы обработке зависит от

применяемой энергии электронов и получаемой дозы, при этом время воздействия зависит от мощности и дозы. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения мощность дозы и суммарную дозу регулируют таким образом, чтобы не разрушить (например, не обуглить или не сжечь) материал биомассы. Например, углеводы не должны быть повреждены при обработке, чтобы они могли высвобождаться из биомассы неповрежденными, например, в виде мономерных сахаров.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения обработку (с применением любого источника электронов или комбинации источников) осуществляют до получения материалом дозы, составляющей по меньшей мере примерно 0,05 Мрад, например, по меньшей мере примерно 0,1, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,5, 5,0, 7,5, 10,0, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175 или 200 Мрад. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения обработку осуществляют до получения материалом дозы, составляющей от 0,1 до 100 Мрад, от 1 до 200, от 5 до 200, от 10 до 200, от 5 до 150, от 50 до 150 Мрад, от 5 до 100, от 5 до 50, от 5 до 40, от 10 до 50, от 10 до 75, от 15 до 50, от 20 до 35 Мрад.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения используют сравнительно низкие дозы облучения, например, для увеличения молекулярной массы целлюлозного или лигноцеллюлозного материала (с применением любого источника излучения или комбинации источников, описанных в настоящей заявке). Например, дозу по меньшей мере примерно 0,05 Мрад, например, по меньшей мере примерно 0,1 Мрад или по меньшей мере примерно 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0 или по меньшей мере примерно 5,0 Мрад. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения облучение осуществляют до тех пор, пока материал не получит дозу от 0,1 Мрад до 2,0 Мрад, например, от 0,5 Мрад до 4,0 Мрад или от 1,0 Мрад до 3,0 Мрад.

Также может быть желательным осуществлять обручение из нескольких направлений, одновременно или последовательно, для обеспечения требуемой степени проникновения излучения в материал. Например, в зависимости от плотности и влагосодержания материала, такого как древесина, и типа применяемого источника излучения (например, гамма-излучение или пучок электронов), максимальное проникновение излучения в материал может составлять только примерно 0,75 дюйма (примерно 1,9 см). В таких случаях, более толстую секцию (до 1,5 дюймов (примерно 3,8 см)) можно подвергнуть облучению посредством первого облучения материала с одной стороны и затем перевернуть материал и облучать с другой стороны. Облучение из нескольких направлений может быть особенно полезным при применении облучения пучком электронов, при котором облучение происходит быстрее, чем гамма-облучение, но которое обычно не обеспечивает такой большой глубины проникновения.

НЕПРОЗРАЧНЫЕ ДЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЫ

Как было описано ранее, настоящее изобретение может включать обработку материала в камере и/или бункере, сконструированном с применением непрозрачных для излучения материалов. Согласно другим вариантам реализации изобретения непрозрачные для излучения материалы выбраны таким образом, чтобы иметь возможность защитить компоненты от рентгеновского излучения с высокой энергией (коротковолнового), которое может проникать через многие материалы. Одним из важных факторов при конструировании корпуса, экранирующего излучение, является длина затухания применяемых материалов, которая будет определять требуемую толщину конкретного материала, смеси материалов или слоистой структуры. Длина затухания представляет собой глубину проникновения, при которой излучение уменьшается в приблизительно 1/e (e = Число Эйлера) раз относительно падающего излучения. Хотя фактически все материалы непрозрачны для облучения при достаточной толщине, материалы с высоким процентным содержанием (например, плотностью) элементов, имеющих высокое значение Z (атомное число), имеют более короткую длину затухания излучения и, таким образом, при применении таких материалов можно использовать более тонкий и более легкий экранирующий корпус. Примерами материалов с высоким значением Z, применяемых при радиационной защите, являются тантал и свинец. Другим важным параметром при радиационной защите является половина расстояния, представляющая собой толщину конкретного материала, которая будет уменьшать интенсивность гамма-лучей на 50%. В качестве примера, для рентгеновского излучения с энергией 0,1 МэВ половина толщины составляет примерно 15,1 мм для бетона, примерно 2,7 мм для свинца, тогда как при энергии рентгеновского излучения 1 МэВ половина толщины для бетона составляет примерно 44,45 мм и для свинца составляет примерно 7,9 мм. Непрозрачные для излучения материалы могут представлять собой материалы, которые являются толстыми или тонкими при условии, что они могут уменьшать излучение, проходящее через них по направлению к другой стороне материала. Таким образом, если необходимо, чтобы конкретный корпус имел низкую толщину стенки, например, для обеспечения небольшого веса или вследствие ограничения размеров, выбранный материал должен иметь достаточное значение Z и/или такую длину затухания, чтобы половина его длины была меньше или равна требуемой толщине стенки корпуса.

В некоторых случаях, непрозрачный для излучения материал может представлять собой слоистый материал, например, содержащий слой из материала с более высоким значением Z для обеспечения эффективного экранирования и слой из материала с более

низким значением Z для обеспечения других свойств (например, конструктивной целостности, прочности при ударе и т.д.). В некоторых случаях слоистый материал может представлять собой ламинат «подобранный согласно значению Z», например, в том числе ламинат, в котором слои обеспечивают градиент Z в диапазоне от последовательно расположенных элементов с высоким значением Z до элементов с более низким значением Z. В некоторых случаях непрозрачные для излучения материалы могут представлять собой перекрывающиеся блоки, например, свинцовые и/или бетонные блоки может поставить компания NELCO Worldwide (Берлингтон, Массачусетс), и можно использовать камеры с переменной конфигурацией.

Непрозрачный для излучения материал может уменьшать излучение, проходящее через структуру (например, стенку, дверь, потолок, корпус, ряд указанных структур или их комбинаций), изготовленную из указанного материала, на по меньшей мере примерно 10 %, (например, по меньшей мере примерно 20%, по меньшей мере примерно 30%, по меньшей мере примерно 40%, по меньшей мере примерно 50%, по меньшей мере примерно 60%, по меньшей мере примерно 70%, по меньшей мере примерно 80%, по меньшей мере примерно 90%, по меньшей мере примерно 95%, по меньшей мере примерно 96%, по меньшей мере примерно 97%, по меньшей мере примерно 98%, по меньшей мере примерно 99%, по меньшей мере примерно 99,9%, по меньшей мере примерно 99,99%, по меньшей мере примерно 99,999%) по сравнению с падающим излучением. Следовательно, корпус, выполненный из непрозрачного для излучения материала, может уменьшать воздействие на оборудование/систему/компоненты на такую же величину. Непрозрачные для излучения материалы могут включать нержавеющую сталь, металлы со значениями Z выше 25 (например, свинец, железо), бетон, пустую породу, песок и их комбинации. Непрозрачные для излучения материалы могут включать барьерный слой в направлении падающего излучения, составляющий по меньшей мере примерно 1 мм (например, 5 мм, 10 мм, 5 см, 10 см, 100 см, 1 м, 10 м).

ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Тип излучения определяет виды применяемых источников излучения, а также излучающих устройств и вспомогательного оборудования. Способы, системы и оборудование, описанные в настоящей заявке, например, для обработки материалов посредством излучения, могут использовать источники, описанные в настоящей заявке, а также любой другой подходящий источник.

Источники гамма-излучения включают радиоактивные ядра, так как изотопы кобальта, кальция, технеция, хрома, галлия, индия, йода, железа, криптона, самария, селена, натрия, таллия и ксенона.

Источники рентгеновского излучения включают столкновение пучка электронов с металлическими мишенями, такими как вольфрам или молибден, или сплавы, или компактные источники света, такие как источники, коммерчески производимые компанией Lyncean.

Альфа-частицы идентичны ядру атома гелия и образуются при альфа-распаде различных радиоактивных ядер, таких как изотопы висмута, полония, астата, радона, франция, радия, некоторых актиноидов, таких как актиний, торий, уран, нептуний, кюрий, калифорний, америций и плутоний.

Источники ультрафиолетового излучения включают дейтериевые или кадмиевые лампы.

Источники инфракрасного излучения включают керамические лампы с сапфировыми, цинковыми или селенидными диафрагмами.

Источники микроволн включают клистроны, радиочастотные источники типа Slevin или источники с атомными пучками, в которые применяют газообразные водород, кислород или азот.

Ускорители, применяемые для ускорения частиц (например, электроны или ионы), могут быть постоянного тока (например, электростатическими постоянного тока или электродинамическими постоянного тока), радиочастотными линейными, магнитоиндукционными линейными или непрерывного излучения. Например, в способах, описанных в настоящем документе, можно использовать различные устройства облучения, в том числе источники ионизации электрическим полем, электростатические ионные сепараторы, генераторы ионизации электрическим полем, источники термоэлектронной эмиссии, источники ионов со сверхвысокочастотным разрядом, рециркуляционные или статические ускорители, динамические линейные ускорители, ускорители Ван-де-Граафа, ускорители марки Cockroft Walton (например, ускорители ПЕЛЛЕТРОН (PELLETRON®)), LINACS, Dynamitrons (например, ускорители ДИНАМИТРОН (DYNAMITRON®)), циклотроны, синхротроны, бетатроны, ускорители трансформаторного типа, микротроны, плазменные генераторы, каскадные ускорители и складчатые тандемные ускорители. Например, в компании IBA, Бельгия можно приобрести ускорители циклотронного типа, такие как система РОДОТРОН (RHODOTRON®), при этом в компании RDI, теперь IBA Industrial, можно приобрести ускорители постоянного тока, такие как ДИНАМИТРОН (DYNAMITRON®). Другие подходящие системы ускорителей включают, например:

системы типа трансформатора постоянного тока с изолированной магнитной сеткой (ICT), которые можно приобрести в компании Nissin High Voltage, Япония; ускорители S-band LINAC, которые можно приобрести в компании L3-PSD (США), ускорители Linac Systems (Франция), Mevex (Канада) и Mitsubishi Heavy Industries (Япония); ускорители L-band LINAC, которые можно приобрести в компании Iotron Industries (Канада); и ускорители на основе ИЛУ, которые можно приобрести в компании Лаборатории Будкера (Россия). Ионы и ионные ускорители рассмотрены публикациях Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., «Overview of Light-Ion Beam Therapy» Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 марта 2006 года, Iwata, Y. et al., «Altemating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators» Proceedings of EPAC 2006, Эдинбург, Шотландии) и Leaner, C.M. et al., «Status of the Superconducting ECR Ion Heavy Venus» Proceedings of EPAC 2000, Вена, Австрия. Некоторые ускорители частиц и их применение описаны, например Medoff в патенте США № 7931784, полное описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки.

Электроны можно получить с помощью радиоактивных ядер, которые подвергаются бета-распаду, таких как изотопы йода, цезия, технеция и иридия. Альтернативно, в качестве источника электронов можно использовать электронную пушку благодаря ее термоэлектронной эмиссии и ускорять за счет ускоряющего потенциала. Электронная пушка генерирует электроны, которые затем ускоряются за счет большой разницы потенциалов (например, больше примерно 500 тысяч, больше примерно 1 миллиона, больше примерно 2 миллионов, больше примерно 5 миллионов, больше примерно 6 миллионов, больше примерно 7 миллионов, больше примерно 8 миллионов, больше примерно 9 миллионов или даже больше 10 миллионов вольт) и затем их сканируют магнитным способом в плоскости X-Y, где электроны сначала ускоряются в направлении Z вниз по трубе ускорителя и выделяются через диафрагму из фольги. Сканирование пучков электронов можно использовать для увеличения поверхности облучения при облучении материалов, например, биомассы, перемещаемой через сканирующий пучок. Сканирование пучков электронов также позволяет равномерно распределить тепловую нагрузку на диафрагме и помогает уменьшить разрушение диафрагмы из фольги вследствие местного нагревания под действием пучка электронов. Разрушение диафрагмы из фольги является причиной значительного времени простоя из-за последующих необходимых ремонтных работ и повторного запуска электронной пушки.

В способах, описанных в настоящей заявке, можно использовать различные другие устройства облучения, в том числе источники ионизации электрическим полем, электростатические ионные сепараторы, генераторы ионизации электрическим полем,

источники термоэлектронной эмиссии, источники ионов со сверхвысокочастотным разрядом, рециркуляционные или статические ускорители, динамические линейные ускорители, ускорители Ван-де-Граафа и складчатые тандемные ускорители. Такие устройства рассмотрены, например, Medoff в патенте США № 7931784, полное описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки.

В качестве источника излучения можно использовать пучок электронов. Преимуществами пучка электронов являются высокие мощности дозы (например, 1, 5 или даже 10 Мрад на сек), высокая пропускная способность, оборудование с меньшей герметизацией и с меньшей изоляцией. Пучки электронов также могут иметь высокий электрический коэффициент полезного действия (например, 80%), позволяющий использовать меньше энергии относительно других способов облучения, что может обуславливать более низкую стоимость эксплуатации и пониженные выбросы парниковых газов, соответствующие меньшему количеству применяемой энергии. Пучки электронов можно получить, например, с помощью электростатических генераторов, каскадных генераторов, трансформаторных генераторов, низкоэнергетических ускорителей с системой сканирования, низкоэнергетических ускорителей с линейным катодом, линейных ускорителей и импульсных ускорителей.

Электроны также могут быть более эффективны с точки зрения вызова изменений молекулярной структуры углеводсодержащих материалов, например, посредством механизма расщепления цепей. Кроме того, электроны с энергиями от 0,5 до 10 МэВ могут проникать в материалы с низкой плотностью, такие как материалы биомассы, описанные в настоящей заявке, например, материалы с объемной плотностью менее 0,5 г/см^3 и глубиной от 0,3 до 10 см. Электроны в качестве источника ионизирующего излучения можно применять, например, для сравнительно тонких штабелей, слоев или подложек материалов, например, с толщиной менее примерно 0,5 дюйма (1,27 см), например, менее примерно 0,4 дюйма (1,016 см), 0,3 дюйма (0,762 см), 0,25 дюйма (0,635 см) или менее примерно 0,1 дюйма (0,254 см). Согласно некоторым вариантам реализации изобретения энергия каждого электрона из пучка электронов составляет от примерно 0,3 МэВ до примерно 2,0 МэВ (миллион электрон-вольт), например, от примерно 0,5 МэВ до примерно 1,5 МэВ или от примерно 0,7 МэВ до примерно 1,25 МэВ. Способы облучения материалов описаны в публикации заявки на патент США 2012/0100577 A1, поданной 18 октября 2011 года, полное описание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Устройства для электронно-лучевого облучения можно приобрести или сконструировать. Например, элементы или компоненты, такие как индукторы, конденсаторы, корпусы, источники питания, кабели, электропроводка, системы с регулируемым

напряжением, элементы с регулировкой силы тока, изоляционный материал, микроконтроллеры и оборудование для охлаждения, можно приобрести и смонтировать с получением устройства. Необязательно, серийное устройство можно модифицировать и/или адаптировать. Например, устройства и компоненты можно приобрести в любом из коммерческих источников, описанном в настоящем документе, включая Ion Beam Applications (Лувен-ля-Нев, Бельгия), Wasik Associates Inc. (Дракат, Массачусетс), NHV Corporation (Япония), the Titan Corporation (Сан-Диего, Калифорния), Vivirad High Voltage Corp (Биллерика, Массачусетс) и/или Лаборатории Будкера (Россия). Типичные энергии электронов могут составлять 0,5 МэВ, 1 МэВ, 2 МэВ, 4,5 МэВ, 7,5 МэВ или 10 МэВ. Мощность типичного устройства для электронно-лучевого облучения может составлять 1 кВт, 5 кВт, 10 кВт, 20 кВт, 50 кВт, 60 кВт, 70 кВт, 80 кВт, 90 кВт, 100 кВт, 125 кВт, 150 кВт, 175 кВт, 200 кВт, 250 кВт, 300 кВт, 350 кВт, 400 кВт, 450 кВт, 500 кВт, 600 кВт, 700 кВт, 800 кВт, 900 кВт или даже 1000 кВт. Ускорители, которые можно использовать, включают облучатели NHV средней энергии серии EPS-500 (например, с напряжением ускорителя 500 кВ и током пучка 65, 100 или 150 мА), EPS-800 (например, с напряжением ускорителя 800 кВ и током пучка 65 или 100 мА) или EPS-1000 (например, с напряжением ускорителя 1000 кВ и током пучка 65 или 100 мА). Кроме того, можно использовать ускорители из серии NHV с высокой энергией, такие как EPS-1500 (например, с напряжением ускорителя 1500 кВ и током пучка 65 мА), EPS-2000 (например, с напряжением ускорителя 2000 кВ и током пучка 50 мА), EPS-3000 (например, с напряжением ускорителя 3000 кВ и током пучка 50 мА) и EPS-5000 (например, 5000 и током пучка 30 мА).

Выбор оптимального решения при рассмотрении технических характеристик мощности устройства для электронно-лучевого облучения включает стоимость эксплуатации, капитальные затраты, амортизационные расходы и габариты устройства. Выбор оптимального решения при рассмотрении уровней экспозиционной дозы электронно-лучевого облучения может быть основан на затратах на энергию и заботе об экологии, безопасности и здоровье. Обычно, генераторы размещают в камере, например, из свинца или бетона, особенно при использовании рентгеновского излучения, которое генерируется в процессе. Выбор оптимального решения при рассмотрении энергий электронов включает стоимость энергии.

С помощью устройства для электронно-лучевого облучения можно создать либо неподвижный пучок, либо сканирующий пучок. Сканирующий пучок может быть предпочтительным благодаря большой длине развертки сканирования и высоким скоростям сканирования, поскольку эти свойства эффективно заменяют большую ширину неподвижного пучка. Кроме того, доступные ширины развёртки составляют 0,5 м, 1 м, 2 м

или более. Сканирующий пучок является предпочтительным согласно большинству вариантов реализации изобретения, описанных в настоящей заявке, вследствие большей ширины развертки и пониженной вероятности местного нагревания и поломки диафрагм.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУШКИ – ДИАФРАГМЫ

Система извлечения для ускорителя электронов может содержать две диафрагмы из фольги. Охлаждающий газ в системе извлечения с двумя диафрагмами из фольги может представлять собой продувочный газ или смесь, например, воздух, или чистый газ. Согласно одному из вариантов реализации изобретения газ представляет собой инертный газ, такой как азот, аргон, гелий и/или диоксид углерода. Предпочтительно применять газ, а не жидкость, поскольку потери энергии в пучке электронов минимизированы. Можно также использовать смеси чистого газа, либо предварительно смешанные, либо смешанные на линии перед попаданием на диафрагмы или в пространство между диафрагмами. Охлаждающий газ можно охладить, например, с помощью системы теплообмена (например, холодильника) и/или путем испарения из конденсированного газа (например, жидкого азота, жидкого гелия). Диафрагмы из фольги описаны в PCT/US2013/064332, поданной 10 октября 2013 года, полное описание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

НАГРЕВАНИЕ И ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОБЛУЧЕНИЕМ

При неупругих столкновениях в биомассе при взаимодействии электронов из пучка электронов с веществом может происходить несколько процессов. Например, ионизация материала, расщепление цепи полимеров в материале, сшивание полимеров в материале, окисление материала, генерирование рентгеновского излучения («тормозного излучения») и колебательного возбуждения молекул (например, генерирование фононов). Не будучи связанными с конкретным механизмом, уменьшение сопротивляемости обработке может быть обусловлено несколькими из указанных эффектов неупругого столкновения, например, ионизацией, расщеплением цепей полимеров, окислением и генерированием фононов. Некоторые из указанных эффектов (например, в частности, генерирование рентгеновского излучения), требуют экранирования и технических барьеров, например, заключение процессов облучения в бетонную камеру (или камеру из другого непрозрачного для излучения материала). Другой эффект облучения, колебательное возбуждение, эквивалентен нагреванию образца. Нагревание образца путем облучения может помочь уменьшить

сопротивляемость обработке, но перегрев может разрушить материал, как будет описано ниже.

[0001] Адиабатическое повышение температуры (ΔT) в результате поглощения ионизирующего излучения описывается уравнением: ΔT = D/Cp, где D представляет собой среднюю дозу в КГр, Cp представляет собой теплоемкость в Дж/г ^{0}C и ΔT представляет собой изменение температуры в ^{0}C. Теплоемкость типичного сухого материала биомассы будет составлять около 2. Влажная биомасса будет иметь более высокую теплоемкость в зависимости от количества воды, поскольку теплоемкость воды очень высока (4,19 Дж/г ^{0}C). Металлы имеют гораздо более низкие теплоемкости, например, теплоемкость нержавеющей стали 304 составляет 0,5 Дж/г ^{0}C. Изменение температуры вследствие мгновенного поглощения излучения биомассой и нержавеющей сталью для различных доз облучения показано в таблице 1. При более высоких температурах биомасса будет разлагаться, что приведет к максимальному отклонению от ожидаемых изменений температуры.

Таблица 1: Рассчитанное увеличение температуры для биомассы и нержавеющей стали

Доза (Мрад)	Биомасса расчетное ΔT (^{0}C)	Сталь ΔT (^{0}C)
10	50	200
50	250, разложение	1000
100	500, разложение	2000
150	750, разложение	3000
200	1000, разложение	4000

Высокие температуры могут разрушить и/или модифицировать биополимеры в биомассе, так что полимеры (например, целлюлоза) не подходят для дополнительной обработки. Биомасса, подвергаемая воздействию высоких температур, может стать темной, липкой и испускать запахи, указывающие на разложение. Липкость может даже затруднить перемещение материала. Запахи могут быть неприятными и создавать проблему безопасности. Фактически, было обнаружено, что в процессах, описанных в настоящей заявке, целесообразно поддерживать биомассу при температуре ниже примерно 200 °C (например, ниже примерно 190 °C, ниже примерно 180 °C, ниже примерно 170 °C, ниже примерно 160 °C, ниже примерно 150 °C, ниже примерно 140 °C, ниже примерно 130 °C, ниже примерно 120 °C, ниже примерно 110 °C, от примерно 60 °C до 180 °C, от примерно 60 °C до 160 °C, от примерно 60 °C до 150 °C, от примерно 60 °C до 140 °C, от примерно 60 °C

до 130 °C, от примерно 60 °C до 120 °C, от примерно 80 °C до 180 °C, от примерно 100 °C до 180 °C, от примерно 120 °C до 180 °C, от примерно 140 °C до 180 °C, от примерно 160 °C до 180 °C, от примерно 100 °C до 140 °C, от примерно 80 °C до 120 °C).

Было обнаружено, что для процессов, описанных в настоящей заявке (например, для уменьшения сопротивляемости обработке), необходимо облучение с дозой выше примерно 10 Мрад. Кроме того, необходима высокая пропускная способность, чтобы облучение не стало узким местом при обработке биомассы. Обработка подчиняется уравнению мощности дозы: M = FP/D × время, где M представляет собой массу облученного материала (кг), F представляет собой долю мощности, которая поглощается (безразмерная величина), P представляет собой мощность излучения (кВт=напряжение в МэВ × ток в мА), время представляет собой время обработки (сек) и D представляет собой поглощенную дозу (КГр). В типичном процессе, в котором доля поглощенной мощности фиксирована, мощность излучения остается постоянной и необходима определенная доза, пропускную способность (например, M, обработанной биомассы) можно повысить путем увеличения времени облучения. Однако увеличение времени облучения без возможности охлаждения материала может привести к чрезмерному его нагреванию, как проиллюстрировано с помощью расчетов, показанных выше. Поскольку биомасса имеет низкую удельную теплопроводность (меньше примерно 0,1 Вт $м^{-1}K^{-1}$), рассеяние тепла происходит медленно, в отличие, например, от металлов (больше примерно 10 Вт $м^{-1}K^{-1}$), которые могут рассеивать энергию быстро, при условии, что имеется сток тепла для передачи энергии.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУШКИ – ПОГЛОТИТЕЛИ ПУЧКА

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения системы и способы включают поглотитель пучка (например, затвор). Например, поглотитель пучка можно использовать для быстрого прекращения или уменьшения облучения материала без выключения электропитания электроннолучевого устройства. Альтернативно, поглотитель пучка можно использовать при подключении питания пучка электронов, например, поглотитель пучка может остановить пучок электронов, пока ток пучка не достиг требуемого уровня. Поглотитель пучка можно поместить между первой диафрагмой из фольги и второй диафрагмой из фольги. Например, поглотитель пучка можно установить таким образом, чтобы он был передвижным, то есть так, чтобы его можно было перемещать на траекторию пучка и убирать с указанной траектории. Даже можно использовать частичное перекрытие пучка, например, для регулирования дозы облучения. Поглотитель пучка можно установить на полу, на транспортере для биомассы, прикрепить к стенке, к устройству излучения

(например, к кронштейну для сканирования) или к любой опорной конструкции. Поглотитель пучка предпочтительно закрепляют относительно кронштейна для сканирования таким образом, чтобы пучок можно было эффективно регулировать с помощью поглотителя пучка. Поглотитель пучка может содержать шарнир, рельс, колеса, прорези или другие средства, позволяющие ему функционировать при перемещении в пучок и из пучка. Поглотитель пучка можно выполнить из любого материала, который будет задерживать по меньшей мере 5% электронов, например, по меньшей мере 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, по меньшей мере 80%, 85%, 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99% или даже примерно 100% электронов.

Поглотитель пучка можно выполнить из металла, в том числе, но не ограничиваясь ими, из нержавеющей стали, свинца, железа, молибдена, серебра, золота, титана, алюминия, олова или сплавов перечисленных металлов, или ламинатов (слоистых материалов), изготовленных с применением указанных металлов (например, керамического материала с металлическим покрытием, полимера с металлическим покрытием, композиционного материала с металлическим покрытием, многослойных металлических материалов).

Поглотитель пучка можно охладить, например, с помощью охлаждающей текучей среды, такой как водный раствор или газ. Поглотитель пучка может быть частично или полностью полым, например, содержать полости. Внутреннее пространство поглотителя пучка можно использовать для охлаждающих жидкостей и газов. Поглотитель пучка может иметь любую форму, в том числе, плоскую, изогнутую, круглую, овальную, квадратную, прямоугольную, скошенную и клиновидную формы.

Поглотитель пучка может иметь перфорационные отверстия, что позволяет некоторым электронам проходить через них, регулируя (например, уменьшая), таким образом, уровни облучения по всей площади диафрагмы или в определенных областях диафрагмы. Поглотитель пучка может представлять собой сеть, изготовленную, например, из волокон или проволоки. Для регулирования облучения можно использовать несколько поглотителей пучка, совместно или независимо. Поглотитель пучка можно регулировать дистанционно, например, с помощью радиосигнала, или жестко вмонтировать в двигатель для передвижения пучка в разные положения.

ЛОВУШКИ ДЛЯ ПУЧКА

Варианты реализации изобретения, описанные в настоящей заявке, в случае обработки излучением также могут включать ловушку для пучка. Цель ловушки для пучка состоит в безопасном поглощении пучка заряженных частиц. Подобно поглотителю пучка,

ловушку для пучка можно использовать для блокировки пучка заряженных частиц. Однако ловушка для пучка является гораздо более надежной, чем поглотитель пучка и предназначена для блокировки полной мощности пучка электронов в течение продолжительного периода времени. Указанные ловушки часто используют для блокировки пучка при подключении ускорителя к питанию.

Кроме того, ловушки для пучка выполнены с возможностью выдерживания тепла, выделяемого указанными пучками, и обычно изготовлены из таких материалов, как медь, алюминий, углерод, бериллий, вольфрам или ртуть. Ловушки для пучка можно охладить, например, с помощью охлаждающей текучей среды, которая может находиться в тепловом контакте с ловушкой для пучка.

МАТЕРИАЛЫ БИОМАССЫ

Лигноцеллюлозные материалы включают, но не ограничиваются ими, древесину, прессованную древесину, древесные отходы (например, опилки, древесину осины, древесную стружку), травы (например, просо прутьевидное, китайский тростник, спартину, двукисточник тростниковидный), зерновые отходы, (например, рисовую шелуху, шелуху овса, солому пшеницы, ячменную шелуху), сельскохозяйственные отходы (например, силос, солому канолы, солому пшеницы, солому ячменя, солому овса, солому риса, джут, коноплю, лен, бамбук, сизаль, абаку, стержни кукурузных початков, кукурузную солому, соевую солому, кукурузное волокно, люцерну, сено, волосяной покров кокоса), отходы от переработки сахара (например, жмых, свекловичный жом, жмых агавы), водоросли, морские водоросли, навоз, сточные воды и смеси любых из перечисленных веществ.

В некоторых случаях, лигноцеллюлозный материал включает стержни кукурузных початков. Измельченные или раздробленные молотом стержни кукурузных початков можно распределить в виде слоя сравнительно равномерной толщины для облучения и после облучения их легко диспергировать в среде для дальнейшей обработки. В некоторых случаях для облегчения уборочных работ и сбора используют кукурузное растение целиком, включая кукурузные стебли, кукурузные зерна и в некоторых случаях даже корневую систему растения.

Преимущественно дополнительных питательных веществ (кроме источника азота, например, мочевины или аммиака) в процессе ферментации стержней кукурузных початков или целлюлозных или лигноцеллюлозных материалов, содержащих значительные количества стержней кукурузных початков, не требуется.

Кроме того, стержни кукурузных початков, перед и после измельчения, легче перемещать и диспергировать, и они проявляют меньшую склонность к образованию взрывчатых смесей в воздухе по сравнению с другими целлюлозными или лигноцеллюлозными материалами, такими как сено и травы.

Целлюлозные материалы включают, например, бумагу, бумажные изделия, бумажные отходы, бумажную массу, пигментную бумагу, мелованную бумагу, бумагу с покрытием, бумагу с наполнителями, журналы, печатную продукцию (например, книги, каталоги, справочники, этикетки, календари, поздравительные открытки, брошюры, проспекты, газетную бумагу), бумагу для принтера, бумагу с полимерным покрытием, карточки, картон, бумажный картон, материалы с высоким содержанием α-целлюлозы, такие как вата, и смеси любых из перечисленных материалов. Например, бумажные изделия, описанные в заявке на патент США № 13/396365 («Magazine Feedstocks» Medoff с соавторами, поданной 14 февраля 2012 года), полное описание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Целлюлозные материалы также могут включать лигноцеллюлозные материалы, которые были частично или полностью делигнифицированы.

В некоторых случаях можно использовать другие материалы биомассы, например, крахмальные материалы. Крахмальные материалы включают сам крахмал, например, кукурузный крахмал, пшеничный крахмал, картофельный крахмал или рисовый крахмал, производное крахмала или материал, содержащий крахмал, такой как съедобный продукт питания или сельскохозяйственная культура. Например, крахмальный материал может представлять собой аракачу съедобную, гречневую крупу, банан, ячмень, маниоку, кудзу, окру, саго, сорго, обыкновенный домашний картофель, сладкий картофель, таро, ямс или один или более видов бобовых, таких как конские бобы, чечевица или горох. Смеси любых двух или более крахмальных материалов также являются крахмальными материалами. Кроме того, можно использовать смеси крахмальных, целлюлозных и/или лигноцеллюлозных материалов. Например, биомасса может представлять собой растение целиком, часть растения или разные части растения, например, пшеницы, хлопка, кукурузы, риса или дерева. Крахмальные материалы можно обработать с применением любых способов, описанных в настоящей заявке.

Микробные материалы, которые можно использовать в качестве сырья, включают, но не ограничиваются ими, любой природный или генетически модифицированный микроорганизм или организм, которые содержит или способен обеспечить источник углеводов (например, целлюлозу), например, протисты, например, животные протисты (например, простейшие, такие как флагеллаты, амебоидные простейшие, инфузории и споровики) и растительные протисты (например, водоросли, такие как альвеолярные,

хлорарахнофитовые, криптомонадовые, эвгленид, глаукофитовые, гаптофитовые, красные водоросли, страменопилы и зеленые водоросли). Другие примеры включают морские водоросли, планктон (например, макропланктон, мезопланктон, микропланктон, нанопланктон, пикопланктон и фемтопланктон), фитопланктон, бактерии (например, грамположительные бактерии, грамотрицательные бактерии и экстремофилы), дрожжи и/или их смеси. В некоторых случаях, микробную биомассу можно получить из природных источников, например, океана, озер, водных объектов, например, соленой воды или пресной воды, или на суше. В качестве альтернативы или в дополнение, микробную биомассу можно получить из систем культивирования клеток, например, крупномасштабных систем сухого и влажного культивирования и ферментации.

Согласно другим вариантам реализации изобретения материалы биомассы, такие как целлюлозные, крахмальные и лигноцеллюлозные исходные материалы, можно получить из трансгенных микроорганизмов и растений, которые были модифицированы относительно сорта дикого типа. Такие модификации можно осуществить, например, посредством повторяющихся стадий селекции и разведения с получением в растении требуемых признаков. Кроме того, указанные растения могли содержать по сравнению с сортом дикого типа удаленный, модифицированный, с подавленной экспрессией и/или добавленный генетический материал. Например, генетически модифицированные растения можно получить с помощью технологий рекомбинантных ДНК, в которых генетические модификации включают внесение или модифицирование специфических генов из родительских сортов, или, например, путем применения трансгенного разведения, при котором в растение вводят специфический ген или гены из другого вида растения и/или бактерий. Другой путь создания генетической изменчивости реализуют через мутационное разведение, при котором из эндогенных генов искусственно создают новые аллели. Искусственные гены можно создать разными способами, включая обработку растения или семян, например, с помощью химических мутагенов (например, с применением алкилирующих агентов, эпоксидов, алкалоидов, пероксидов, формальдегида), облучения (например, рентгеновского облучения, гамма-облучения, нейтронов, бета-частиц, альфа-частиц, протонов, дейтронов, УФ-облучения) и теплового удара или с применением другой внешней нагрузки и последующих методов селекции. Другие способы получения модифицированных генов реализуют с применением ПЦР сниженной точности и перестановки в ДНК с последующей вставкой необходимой модифицированной ДНК в требуемое растение или семя. Способы внесения требуемой генетической изменчивости в семя или растение включают, например, применение бактериального носителя, баллистическую трансфекцию, осаждение фосфата кальция, электропорацию, сплайсинг

генов, подавление экспрессии генов, липофекцию, микроинъекцию и применение вирусных носителей. Дополнительные генетически модифицированные материалы были описаны в заявке на патент США № 13/396369, поданной 14 февраля 2012 года, полное описание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Любые из способов, описанных в настоящей заявке, можно реализовать с помощью смесей любых материалов биомассы, описанных в настоящей заявке.

ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ

Другие материалы (например, природные или синтетические материалы), например, полимеры, можно обработать и/или получить с помощью способов, оборудования и систем, описанных в настоящей заявке. Например, полиэтилена (например, линейного полиэтилена низкой плотности и полиэтилена высокой плотности), полистиролов, сульфонированных полистиролов, поливинилхлорида, сложных полиэфиров (например, нейлона, DACRON™, KODEL™), полиалкиленовых эфиров, поливиниловых эфиров, полиамидов (например, KEVLAR™), полиэтилентерефталата, ацетата целлюлозы, ацеталя, полиакрилонитрила, поликарбонатов (например, LEXAN™), акриловых материалов [например, поли(метилметакрилата)], полиакрилонитрила, полиуретанов, полипропилена, полибутадиена, полиизобутилена, полиакрилонитрила, полихлоропрена (например неопрена), поли(цис-1,4- изопрена) [например, природного каучука], поли(транс-1,4-изопрена) [например, гуттаперчи], фенолформальдегида, меламинформальдегида, эпоксидов, сложных полиэфиров, полиаминов, поликарбоновых кислот, полимолочных кислот, поливиниловых спиртов, полиангидридов, полифторуглеродов (например, TEFLON™), соединений органического кремния (например, силиконового каучука), полисиланов, простых полиэфиров (например, полиэтиленоксида, полипропиленоксида), восков, масел и из смесей. В настоящее изобретение также включены пластмассы, резины, эластомеры, волокна, воски, гели, масла, адгезивы, термопластмассы, термореактивные пластмассы, разлагаемые микроорганизмами полимеры, смолы, полученные с применением указанных полимеров, другие полимеры, другие материалы и их комбинации. Указанные полимеры можно получить с помощью любого применимого способа, в том числе, с помощью катионной полимеризации, анионной полимеризации, радикальной полимеризации, полимеризации по механизму метатезиса, полимеризации с раскрытием кольца, привитой полимеризации, аддитивной полимеризации. В некоторых случаях способы обработки, описанные в настоящем документе, можно использовать, например, для привитой полимеризации, инициируемой радикалами, и сшивания. Также можно обработать и/или

изготовить композиционные материалы полимеров, например, со стеклом, металлами, биомассой (например, волокнами, частицами) и керамикой.

Другие материалы, которые можно обработать с применением способов, систем и оборудования, описанного в настоящем документе, представляют собой керамические материалы, минеральные вещества, металлы, неорганические соединения. Например, кристаллы кремния и германия, нитриды кремния, оксиды металлов, полупроводники, изоляторы, цементы и/или проводники.

Кроме того, можно обработать промышленные многокомпонентные или штампованные материалы (например, отформованные, экструдированные, сваренные, склепанные, многослойные или объединенные любым способом), например, кабели, трубы, плиты, корпусы, интегральные полупроводниковые кристаллы, монтажные плата, провода, шины, стекла, ламинированные материалы, приводы, ремни, машины и их комбинации. Например, обработка материала способами, описанными в настоящем документе, позволяет модифицировать поверхности, например, делая их поддающимися дальнейшей функционализации, объединению (например, сварке), и/или обработка позволяет сшивать материалы.

ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА БИОМАССЫ – МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Биомасса может находиться в сухой форме, например, содержать менее примерно 35% влаги (например, менее примерно 20 %, менее примерно 15 %, менее примерно 10 % менее примерно 5 %, менее примерно 4%, менее примерно 3 %, менее примерно 2 % или даже менее примерно 1 %). Биомассу также можно поставлять во влажном состоянии, например, в виде влажного твердого вещества, шлама или суспензии, содержащей по меньшей мере примерно 10 % масс. твердой фазы (например, по меньшей мере примерно 20 % масс., по меньшей мере примерно 30 % масс., по меньшей мере примерно 40 % масс., по меньшей мере примерно 50 % масс., по меньшей мере примерно 60 % масс., по меньшей мере примерно 70 % масс.).

В способах, описанных в настоящей заявке можно использовать материалы с низкой объемной плотностью, например, целлюлозное или лигноцеллюлозное сырье, которое было предварительно обработано физическими способами для обеспечения объемной плотности, составляющей менее примерно 0,75 г/см^3, например, менее примерно 0,7, 0,65, 0,60, 0,50, 0,35, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 или менее, например, примерно 0,025 г/см^3. Объемную плотность определяют с помощью ASTM D1895B. Короче, способ включает заполнение измерительного цилиндра известного объема пробой и измерение массы пробы. Объемную

плотность рассчитывают путем деления массы пробы в граммах на известный объем цилиндра в кубических сантиметрах. При необходимости, материалы с низкой объемной плотностью можно уплотнить, например, способами, описанными в патенте США № 7971809, опубликованном 5 июля 2011 года, полное описание которого включено, тем самым, посредством ссылки.

В некоторых случаях предварительная обработка включает просеивание материала биомассы. Просеивание можно осуществить через сетку или перфорированную пластину с требуемым размером отверстий, например, меньше примерно 6,35 мм (1/4 дюйма, 0,25 дюйма), (например, меньше примерно 3,18 мм (1/8 дюйма, 0,125 дюйма), меньше примерно 1,59 мм (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма), меньше примерно 0,79 мм (1/32 дюйма, 0,03125 дюйма), например, меньше примерно 0,51 мм (1/50 дюйма, 0,02000 дюйма), меньше примерно 0,40 мм (1/64 дюйма, 0,015625 дюйма), меньше примерно 0,23 мм (0,009 дюйма), меньше примерно 0,20 мм (1/128 дюйма, 0,0078125 дюйма), меньше примерно 0,18 мм (0,007 дюйма), меньше примерно 0,13 мм (0,005 дюйма) или даже меньше примерно 0,10 мм (1/256 дюйма, 0,00390625 дюйма)). В одной из конфигураций требуемая биомасса проваливается через перфорационные отверстия или сито и таким образом, биомасса с размером, большим, чем перфорационные отверстия или сито, не подвергается облучению. Такие более крупные материалы можно обработать повторно, например, путем измельчения или их можно просто удалить из обработки. В другой конфигурации материал, размеры которого больше, чем перфорационные отверстия, облучают и более мелкий материал удаляют путем просеивания или используют повторно. В такого рода конфигурации транспортер, такой как вибрационный транспортер, сам (например, часть транспортера) может быть перфорированным или изготовлен с применением сетки. Например, согласно одному из конкретных вариантов реализации изобретения материал биомассы может быть влажным, при этом перфорационные отверстия или сетка позволяют воде вытекать из биомассы перед облучением.

Просеивание материала также можно осуществить ручным способом, например, с помощью оператора или механического устройства (например, автомата, оборудованного цветовым, отражательным или другим датчиком), которое удаляет нежелательный материал. Просеивание также можно осуществить путем магнитного просеивания, при этом магнит размещают около перемещаемого материала, и магнитный материал удаляют путем магнитного воздействия.

Возможная предварительная обработка может включать нагревание материала. Например, часть транспортера, перемещающая биомассу или другой материал, может проходить через зону нагрева. Зону нагрев можно создать, например, с помощью ИК-

излучения, микроволн, сжигания (например, газа, угля, нефти, биомассы), резистивного нагревания и/или индуктивных катушек. Тепло можно применять по меньшей мере с одной стороны или более чем одной стороны, нагревание может быть непрерывным или периодическим и нагревать можно только часть материала или весь материал. Например, часть перемещающего желоба можно нагреть с помощью нагревательной рубашки. Нагревание можно осуществить, например, с целью сушки материала. В случае сушки материала указанную сушку можно облегчить, при нагревании или без него, путем перемещения газа (например, воздуха, кислорода, азота, He, CO_2, аргона) над биомассой и/или через биомассу при ее перемещении.

Необязательно, предварительная обработка может включать охлаждение материала. Охлаждение материала описано в патенте США № 7900857, опубликованном 8 марта 2011 года, описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки. Например, охлаждение можно осуществить путем подачи охлаждающей текучей среды, например, воды (например, с глицерином) или азота (например, жидкого азота) в нижнюю часть транспортирующего желоба. Согласно альтернативному варианту реализации изобретения охлаждающий газ, например, охлажденный азот, можно продувать поверх материала биомассы или под транспортирующей системой.

Другой возможный способ предварительной обработки может включать добавление материала в биомассу или другие виды сырья. Дополнительный материал можно добавить, например, путем орошения, разбрызгивания и/или вливания материала в биомассу при ее перемещении. Материалы, которые можно добавить, включают, например, металлы, керамические материалы и/или ионы, как описано в публикации заявки на патент США 2010/0105119 A1 (поданной 26 октября 2009 года) и публикации заявки на патент США 2010/0159569 A1 (поданной 16 декабря 2009 года), полное описание которых включено в настоящий документ посредством ссылки. Возможные материалы, которые можно добавить, включают кислоты и основания. Другие материалы, которые можно добавить, представляют собой окислители (например, пероксиды, хлораты), полимеры, полимеризуемые мономеры (например, содержащие ненасыщенные связи), воду, катализаторы, ферменты и/или организмы. Материал можно добавить, например, в чистой форме, в виде раствора в растворителе (например, воде или органическом растворителе) и/или в виде раствора. В некоторых случаях растворитель является летучим и может быть приготовлен с целью испарения, например, путем нагревания и/или продувания газа, как описано ранее. Добавленный материал может образовывать равномерное покрытие на биомассе или представлять собой гомогенную смесь разных компонентов (например, биомассы и дополнительного материала). Добавленный материал может модулировать последующую

стадию облучения путем увеличения эффективности облучения, демпфирования облучения или изменения воздействия облучения (например, от пучков электронов до рентгеновского излучения или нагревания). Указанный способ может не воздействовать на облучение, но может быть применим для дальнейшей последовательной обработки. Добавленный материал может помочь при перемещении материала, например, за счет снижения уровней пыли.

Биомассу можно направлять на транспортер (например, вибрационные транспортеры, которые можно использовать в камерах, описанных в настоящей заявке) с помощью ленточного транспортера, пневматического транспортера, винтового транспортера, бункера, трубы, вручную или посредством комбинации перечисленных выше устройств. Биомассу можно, например, сбрасывать, выливать и/или помещать на транспортер любым из указанных способов. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения материал доставляют к транспортеру, применяя заключенную в корпус систему распределения материала, что помогает поддержать атмосферу с низким содержанием кислорода и/или регулировать пыль и мелкие частицы. Взвешенные или суспендированные в воздухе мелкие частицы биомассы и пыли являются нежелательными, поскольку они могут создать опасность взрыва или повредить фольгу диафрагмы электронной пушки (при применении такого устройства для обработки материала).

Материал можно выровнять для формирования равномерной толщины, составляющей от примерно 0,0312 (примерно 0,7925 мм) до 5 дюймов (примерно 127 мм) (например, от примерно 0,0625 (примерно 1,5875 мм) до 2,000 дюймов (примерно 50,8 мм), от примерно 0,125 (примерно 3,175 мм) до 1 дюйма (примерно 25,7 мм), от примерно 0,125 (примерно 3,175 мм) до 0,5 дюйма (примерно 12,7 мм), от примерно 0,3 (примерно 7,62 мм) до 0,9 дюйма (примерно 22,86 мм), от примерно 0,2 (примерно 5,08 мм) до 0,5 дюйма (примерно 12,7 мм), от примерно 0,25 (примерно 6,35 мм) до 1 дюйма (примерно 25,4 мм), от примерно 0,25 (примерно 6,35 мм) до 0,5 дюйма (примерно 12,7 мм), 0,100 (примерно 2,54 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,150 (примерно 3,81 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,200 (примерно 5,08 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,250 (примерно 6,35 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,300 (примерно 7,62 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,350 (примерно 8,89 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,400 (примерно 10,16 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,450 (примерно 11,43 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,500 (примерно 12,7 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,550 (примерно 13,97 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,600 (примерно 15,24 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,700 (примерно 17,78 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,750 (примерно 19,05 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,800 (примерно 20,32 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,850 (примерно 21,59 мм) +/-

0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,900 (примерно 22,86 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм), 0,900 (примерно 22,86 мм) +/- 0,025 дюйма (примерно 0,635 мм).

В целом, предпочтительно перемещать материал через пучок электронов как можно быстрее для максимизирования пропускной способности. Например, материал можно перемешать со скоростями, составляющими по меньшей мере 1 фут/мин (примерно 0,305 м/мин), например, по меньшей мере 2 фут/мин (примерно 0,610 м/мин), по меньшей мере 3 фут/мин (примерно 0,914 м/мин), по меньшей мере 4 фут/мин (примерно 1,219 м/мин), по меньшей мере 5 фут/мин (примерно 1,524 м/мин), по меньшей мере 10 фут/мин (примерно 3,048 м/мин), по меньшей мере 15 фут/мин (примерно 4,572 м/мин), 20 (примерно 6,093 м/мин), 25 (примерно 7,62 м/мин), 30 (примерно 9,144 м/мин), 35 (примерно 10,668 м/мин), 40 (примерно 12,192 м/мин), 45 (примерно 13,716 м/мин), 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин). Скорость перемещения связана с током пучка, например, в случае биомассы толщиной ¼ дюйма (примерно 0,635 см) и 100 мА, для обеспечения достаточной дозы облучения транспортер может перемещаться со скоростью примерно 20 футов/мин (примерно 6,096 м/мин), при 50 мА транспортер может перемещаться со скоростью примерно 10 футов/мин (примерно 3,048 м/мин) для обеспечения приблизительно такой же дозы облучения.

После перемещения материала через зону облучения, можно осуществить дополнительную предварительную обработку. Возможная дополнительная предварительная обработка может, например, представлять собой процесс, описанный применительно к обработке путем предварительного облучения. Например, биомассу можно обработать путем просеивания, нагревания, охлаждения и/или объединения с добавками. Исключительно при предварительном облучении может иметь место гашение радикалов, например, гашение радикалов путем добавления текучих сред или газов (например, кислорода, закиси азота, аммиака, жидкостей), при применении давления, теплоты и/или добавления акцепторов радикалов. Например, биомассу можно перемещать из заключенного в корпус транспортера и подвергать воздействию газа (например, кислорода), при этом происходит гашение биомассы с образованием карбоксилированных групп. Согласно одному из вариантов реализации изобретения биомассу во время облучения подвергают воздействию химически активного газа или жидкости. Гашение биомассы, которая подвергалась облучению, описано в патенте США № 8083906, опубликованном 27 декабря 2011 года, полное описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки.

При необходимости, наряду с облучением можно использовать один или более способов механической обработки для дополнительного уменьшения сопротивляемости

обработке углеводсодержащего материала. Указанные способы можно применять перед облучением, во время и/или после него.

В некоторых случаях механическая обработка может включать начальную подготовку исходного сырья непосредственно после получения, например, уменьшение размеров материалов, например, путем измельчения, например, резки, дробления, приложения сдвиговых усилий, распыления или рубки. Например, в некоторых случаях, рыхлое исходное сырье (например, бумагу вторичной переработки, крахмальные материалы или просо прутьевидное) подготавливают путем приложения сдвиговых усилий или размельчения (shredding). Механическая обработка позволяет уменьшить объемную плотность углеводсодержащего материала, увеличить площадь поверхности углеводсодержащего материала и/или уменьшить один или более размеров углеводсодержащего материала.

В качестве альтернативы или в дополнение, исходной материал можно обработать посредством другого способа обработки, такого как, химические способы обработки, например, с помощью кислоты (HCl, H_2SO_4, H_3PO_4), основания (например, KOH и NaOH), химического окислителя (например, пероксидов, хлоратов, озона), облучения, парового взрыва, пиролиза, обработки ультразвуком, окисления, химической обработки. Указанные способы обработки можно реализовать в любом порядке и в любой последовательности и комбинациях. Например, исходный материал можно сначала обработать физически с применением одного или более способов обработки, например, путем химической обработки, в том числе и в комбинации с кислотным гидролизом (например, при применении HCl, H_2SO_4, H_3PO_4), облучением, обработкой ультразвуком, окислением, пиролизом или паровым взрывом, и затем подвергнуть механической обработке. Такая последовательность может быть предпочтительной, поскольку материалы, обработанные посредством одного или более других способов обработки, например, с помощью облучения или пиролиза, обычно являются более хрупкими и, следовательно, может быть легче осуществить дальнейшее изменение структуры материала при механической обработке. В качестве еще одного примера, исходный материал можно пропускать через ионизирующее облучение, используя транспортер, как описано в настоящей заявке, и затем подвергать механической обработке. Химическая обработка позволяет удалить некоторую часть или весь лигнин (например, при химической варке целлюлозы) и позволяет частично или полностью гидролизовать материал. Указанные способы также можно использовать с предварительно гидролизованным материалом. Кроме того, указанные способы можно использовать с материалом, который не был предварительно гидролизован. Перечисленные способы можно использовать со смесями гидролизованного и негидролизованного материалов, например, со

смесями, содержащими примерно 50% или более негидролизованного материала, примерно 60% или более негидролизованного материала, примерно 70% или более негидролизованного материала, примерно 80% или более негидролизованного материала или даже 90% или более негидролизованного материала.

Наряду с уменьшением размера, которое можно выполнить вначале и/или позднее при обработке, механическая обработка также может быть предпочтительной с точки зрения «раскрытия», «напряжения», разрушения или разрыхления углеводсодержащих материалов, получения целлюлозы из материалов более восприимчивых к расщеплению цепей и/или разрушению кристаллической структуры в ходе физической обработки.

Способы механической обработки углеводсодержащего материала включают, например, размол или дробление. Размол можно выполнить с применением, например, молотковой дробилки, шаровой мельницы, коллоидной мельницы, конической или конусной мельницы, дисковой мельницы, бегунковой мельницы, мельницы Уайли, зерновой мельницы или другой мельницы. Дробление можно осуществить с применением, например, резательной дробилки/дробилки ударного действия. Некоторые типичные дробилки включают жерновые дробилки, штифтовые дробилки, кофейные дробилки и гратосниматели. Дробление или размол можно обеспечить, например, с помощью возвратно-поступательного штифта или другого элемента, как это имеет место в штифтовой мельнице. Другие механические способы обработки включают механическую продольную резку или разрывание, другие способы, в которых волокна оказывают давление, и дробление путем истирания под действием воздуха. Подходящие способы механической обработки дополнительно включают любой другой способ, продолжающий разрушение внутренней структуры материала, которое было инициировано предыдущими стадиями обработки.

Системы механической подготовки сырья можно выполнить с возможностью получения потоков с конкретными характеристиками, такими как, например, конкретные максимальные размеры, конкретные соотношения длины к ширине или конкретные отношения площадей поверхности. Физическая подготовка позволяет увеличить скорость реакций, улучшить движение материала на транспортере, улучшить профиль облучения материала, улучшить однородность облучения материала или снизить требуемое время обработки путем раскрытия материалов и превращения их в более доступные материалы для процессов и/или реагентов, таких как реагенты в растворе.

Объемную плотность исходного сырья можно контролировать (например, увеличивать). В некоторых случаях может быть желательным получить материал с низкой объемной плотностью, например, путем уплотнения материала (например, уплотнение может сделать более легким и менее дорогостоящим перемещение материала в другое место)

и затем возвращения материала к состоянию с более низкой объемной плотностью (например, после перемещения). Материал можно уплотнить, например, от менее примерно 0,2 г/см. куб. до более примерно 0,9 г/см. куб. (например, менее примерно 0,3 до более примерно 0,5 г/см. куб., менее примерно 0,3 до более примерно 0,9 г/см. куб., менее примерно 0,5 до более примерно 0,9 г/см. куб., менее примерно 0,3 до более примерно 0,8 г/см. куб., менее примерно 0,2 до более примерно 0,5 г/см. куб.). Например, материал можно уплотнить с помощью способов и оборудования, описанных Medoff в патенте США № 7932065 и международной публикации № WO 2008/073186 (которая была подана 26 октября 2007 года, опубликована на английском языке и предназначена для Соединенных Штатов), полные описания которых включены в настоящий документ посредством ссылки. Уплотненные материалы можно обработать любыми способами, описанными в настоящей заявке, или любой материал, обработанный с помощью любого из способов, описанных в настоящей заявке, можно впоследствии подвергнуть уплотнению.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения материал, подлежащий обработке, находится в форме волокнистого материала, содержащего волокна, полученные при приложения сдвиговых усилий к источнику волокон. Например, указанное приложение сдвиговых усилий можно выполнить с помощью ротационного ножевидного инструмента.

Например, к источнику волокон, например, который является трудно разлагаемым или который имел пониженные уровни сопротивляемости обработке, можно приложить сдвиговые усилия, например, в ротационном ножевидном инструменте, с получением первого волокнистого материала. Первый волокнистый материал пропускают через первое сито, например, со средним размером отверстий 1,59 мм или менее (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма), и получают второй волокнистый материал. При необходимости, источник волокон можно разрезать перед приложением сдвиговых усилий, например, с помощью шредера. Например, при использовании бумаги в качестве источника волокон, бумагу можно сначала нарезать на полоски, которые, например, имеют ширину от ¼ (примерно 0,635 см) до 1/2-дюйма (примерно 1,27 см), используя шредер, например, вращающийся в противоположных направлениях шнековый шредер, такой как шредеры, производимые компанией Munson (Ютика, Нью-Йорк). В качестве альтернативы размельчению (shredding), размер бумаги можно уменьшить путем резки до требуемого размера с помощью гильотинной резательной машины. Например, гильотинную резательную машину можно использовать для разрезания бумаги на листы, например, шириной 10 дюймов (примерно 25,4 см) и длиной 12 дюймов (примерно 30,5 см).

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения приложение сдвиговых усилий к источнику волокон и пропускание полученного первого волокнистого материала

через первое сито выполняют одновременно. Приложение сдвиговых усилий и пропускание также можно осуществить в процессе с периодической загрузкой.

Например, ротационный ножевидный инструмент можно использовать для одновременного нарезания источника волокон и просеивания первого волокнистого материала. Ротационный ножевидный инструмент содержит бункер, который можно загрузить обрезками источника волокна, полученными при нарезании указанного источника.

Согласно другим вариантам реализации изобретения перед осахариванием и/или ферментацией исходное сырье обрабатывают физическим способом. Физические способы обработки могут включать один или более из любых способов, описанных в настоящей заявке, такие как механическая обработка, химическая обработка, облучение, обработка ультразвуком, окисление, пиролиз или паровой взрыв. Способы обработки можно использовать при комбинации двух, трех, четырех или даже всех из описанных технологий (в любом порядке). При применении более чем одного способа обработки указанные способы можно применять одновременно или в разное время. Кроме того, можно использовать другие способы, изменяющие молекулярную структуру исходного сырья на основе биомассы, по отдельности или в комбинации со способами, описанными в настоящей заявке.

Механические способы обработки, которые можно использовать, и характеристики механически обработанных углеводсодержащих материалов более подробно описаны в публикации заявки на патент США 2012/0100577 A1, поданной 18 октября 2011 года, полное описание которых тем самым включено в настоящий документ посредством ссылки.

ОБРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОМ, ПИРОЛИЗ, ОКИСЛЕНИЕ, ПАРОВОЙ ВЗРЫВ

При необходимости, вместо облучения или наряду с ним можно использовать один или более способов, выбранных из обработки ультразвуком, пиролиза, окислительных способов или способов на основе парового взрыва, для уменьшения или дальнейшего уменьшения сопротивляемости углеводсодержащего материала обработке. Например, указанные способы можно применять перед облучением, во время и/или после него. Такие способы подробно описаны Medoff в патенте США № 7932065, полное описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ПРОДУКТЫ

Применяя процессы, описанные в настоящей заявке, материал биомассы можно превратить в один или более продуктов, таких как энергия, топлива, топлива, продукты питания и материалы. Например, можно получить промежуточные соединения и продукты, такие как органические кислоты, соли органических кислот, ангидриды, эфиры органических кислот и топлива, например, топлива для двигателей внутреннего сгорания или сырьевые материалы для топливных элементов. В настоящей заявке описаны системы и процессы, в которых можно использовать в качестве исходного сырья целлюлозные и/или лигноцеллюлозные материалы, которые являются легкодоступными, но часто трудно поддаются обработке, например, потоки бытовых отходов и потоки макулатуры, такие как потоки, содержащие газетную бумагу, крафт-бумагу, гофрированную бумагу или их смеси.

Специфические примеры продуктов включают, но не ограничиваются ими, водород, сахара (например, глюкозу, ксилозу, арабинозу, маннозу, галактозу, фруктозу, дисахариды, олигосахариды и полисахариды), спирты (например, одноатомные спирты или двухатомные спирты, так как этанол, *н*-пропанол, изобутанол, втор-бутанол, трет-бутанол или *н*-бутанол), гидратированные или содержащие воду спирты (например, содержащие больше 10%, 20%, 30% или даже больше 40% воды), биодизельное топливо, органические кислоты, углеводороды (например, метан, этан, пропан, изобутен, пентан, *н*-гексан, биодизельное топливо, биобензин и их смеси), попутные продукты (например, белки, такие как разлагающие клетчатку белки (ферменты) или одноклеточные белки) и смеси любых из указанных соединений в любой комбинации или относительной концентрации и, необязательно, в комбинации с любыми добавками (например, топливными добавками). Другие примеры включают карбоновые кислоты, соли карбоновой кислоты, смесь карбоновых кислот и солей карбоновых кислот и сложные эфиры карбоновых кислот (например, метиловый, этиловый и *н*-пропиловые сложные эфиры), кетоны (например, ацетон), альдегиды (например, ацетальдегид), альфа- и бета-ненасыщенные кислоты (например, акриловую кислоту) и олефины (например, этилен). Другие спирты и производные спиртов включают пропанол, пропиленгликоль, 1,4-бутандиол, 1,3-пропандиол, сахарные спирты (например, эритритол, гликоль, глицерин, сорбит, треитол, арабитол, рибитол, маннитол, дульцит, фуситол, идитол, изомальт, мальтитол, лактитол, ксилит и другие полиолы) и метиловые или этиловые сложные эфиры любого из перечисленных спиртов. Другие продукты включают метилакрилат, метилметакрилат, D-молочную кислоту, L-молочную кислоту, пировиноградную кислоту, полимолочную кислоту, лимонную кислоту, муравьиную кислоту, уксусную кислоту, пропионовую кислоту, масляную кислоту, янтарную кислоту, валериановую кислоту, капроновую кислоту, 3-гидроксипропионовую кислоту, пальмитиновую кислоту, стеариновую кислоту, щавелевую кислоту, малоновую

кислоту, глутаровую кислоту, олеиновую кислоту, линоленовую кислоту, гликолевую кислоту, гамма-гидроксимасляную кислоту и их смеси, соли любых из перечисленных кислот, смеси любых кислот и их соответствующие соли.

Любую комбинацию перечисленных выше продуктов друг с другом и/или перечисленных выше продуктов с другими продуктами, при этом другие продукты можно получить с применением способов, описанных в настоящей заявке или иным образом, можно упаковать вместе и продавать в виде продуктов. Продукты можно объединять, например, перемешивать, смешивать, или совместно растворять или можно просто упаковать или продавать вместе.

Любой из продуктов или комбинаций продуктов, описанных в настоящей заявке, можно дезинфицировать или стерилизовать перед продажей продуктов, например, после очистки или выделения или даже после упаковки, для нейтрализации одного или более потенциально нежелательных загрязняющих веществ, которые могут присутствовать в продукте (продуктах). Такую санацию можно осуществить путем бомбардировки электронами, например, с дозой меньше примерно 20 Мрад, например, от примерно 0,1 до 15 Мрад, от примерно 0,5 до 7 Мрад или от примерно 1 до 3 Мрад.

Процессы, описанные в настоящей заявке, позволяет получать потоки различных побочных продуктов, которые можно использовать для генерирования пара и электричества для применения в других частях предприятия (совместное производство тепловой и электрической энергии) или продавать на открытом рынке. Например, пар, образующийся при горении потоков побочных продуктов, можно использовать в процессе дистилляции. В качестве другого примера, электричество, генерируемое при горении потоков побочных продуктов, можно использовать в электронно-лучевых генераторах, применяемых при предварительной обработке.

Побочные продукты, используемые для генерирования пара и электричества, получают из нескольких источников на всем протяжении процесса. Например, анаэробное сбраживание сточных вод позволяет получить биогаз с высоким уровнем метана и маленьким количеством отработанной биомассы (шлама). В качестве другого примера, можно использовать твердые вещества, полученные после осахаривания и/или после дистилляции (например, непрореагировавший лигнин, целлюлозу и гемицеллюлозу, оставшуюся от предварительной обработки и первичных процессов), например, сжигая их в качестве топлива.

Другие промежуточные соединения и продукты, в том числе продукты питания и фармацевтические продукты, описаны в публикации заявки на патент США 2010/0124583

A1, принадлежащей Medoff, опубликованной 20 мая 2010 года, полное описание которой тем самым включено в настоящий документ посредством ссылки.

ПРОДУКТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ ЛИГНИНА

Считается, что отработанная биомасса (например, отработанный лигноцеллюлозный материал), полученная в результате лигноцеллюлозной обработки описанными способами, имеет высокое содержание лигнина и помимо того, что ее можно использовать для получения энергии посредством сжигания в установке для совместного производства тепловой и электрической энергии, может применяться в качестве других ценных продуктов. Например, лигнин можно использовать как есть в качестве пластмассы или его свойства можно улучшить синтетическими способами для получения другой пластмассы. В некоторых случаях, лигнин также можно превратить в лигносульфонаты, которые можно использовать в качестве связующих веществ, диспергаторов, эмульгаторов или в качестве комплексообразующих агентов.

При применении в качестве связующего вещества лигнин или лигносульфонат можно, например, использовать в угольных брикетах, в керамических материалах, для связывания черного углерода, для связывания удобрений и гербицидов, в качестве пылеподавителя, при получении фанеры и прессованной древесины, для связывания кормов для животных, в качестве связующего вещества для стекловолокна, в качестве связующего вещества в мастике для приклеивания линолеума и в качестве стабилизатора грунтов.

При применении в качестве диспергатора лигнин или лигносульфонаты можно использовать, например, в бетонных смесях, глиняных и керамических материалах, красителях и пигментах, при дублении кожи и в сухой штукатурке.

При применении в качестве эмульгатора лигнин или лигносульфонаты можно использовать, например, в асфальте, пигментах и красителях, пестицидах и парафиновых эмульсиях.

При применении в качестве комплексообразующего агента лигнин или лигносульфонаты можно использовать, например, в системах питательных микроэлементах, чистящих составах и системах водоподготовки, например, для систем котлов и систем охлаждения.

В случае производства энергии лигнин в целом имеет более высокое энергосодержание, чем голоцеллюлоза (целлюлоза и гемицеллюлоза), поскольку он содержит больше углерода, чем голоцеллюлоза. Например, сухой лигнин может иметь энергосодержание от примерно 11000 БТЕ (примерно 25,6 МДж/кг) до 12500 БТЕ на фунт

(примерно 29,1 МДж/кг) по сравнению с диапазоном от 7000 (примерно 16,3 МДж/кг) до 8000 БТЕ на фунт (примерно 18,6 МДж/кг) голоцеллюлозы. По существу, лигнин можно уплотнить и превратить в брикеты и гранулы, применяемые для сжигания. Например, лигнин можно превратить в гранулы с помощью любого способа, описанного в настоящей заявке. Для получения более медленногорящей гранулы или брикета лигнин можно подвергнуть сшиванию, например, применяя дозу облучения от примерно 0,5 Мрад до 5 Мрад. Сшивание позволяет получить более медленногорящий форм-фактор. Форм-фактор, такой как гранула или брикет, можно превратить в «синтетический уголь» или древесный уголь посредством пиролиза в отсутствие воздуха, например, при температуре от 400 до 950 °С. Перед пиролизом может быть желательным сшивание лигнина для поддержания конструктивной целостности.

ОСАХАРИВАНИЕ

Для превращения исходного сырья в форму, которую можно легко обработать, глюкан- или ксилансодержащую целлюлозу в исходном сырье можно подвергать гидролизу с получением низкомолекулярных углеводов, таких как сахара, с помощью осахаривающего агента, например, фермента или кислоты, процесс, называемый осахариванием. Затем низкомолекулярные углеводы можно использовать, например, на существующем производственном предприятии, таком как предприятие по производству одноклеточного белка, предприятие по производству ферментов или предприятие по производству топлива, например, предприятие по производству этанола.

Исходное сырье можно подвергать гидролизу путем использования фермента, например, путем объединения материалов и фермента в растворителе, например, в водяном растворе.

Согласно альтернативному варианту реализации изобретения ферменты могут поступать за счет организмов, которые разлагают биомассу, такую как целлюлозные и/или лигниновые части биомассы, содержат или продуцируют различные разлагающие клетчатку ферменты (целлюлазы), лигниназы или различные разрушающие биомассу метаболиты с маленькими молекулами. Указанные ферменты могут представлять собой комплекс ферментов, которые действуют синергически и разлагают кристаллические целлюлозные или лигниновые части биомассы. Примеры разлагающих клетчатку ферментов включают: эндоглюканазы, целлобиогидролазы и целлобиазы (бета-глюкозидазы).

Во время осахаривания целлюлозный субстрат можно сначала гидролизовать с помощью эндоглюканаз в случайных местах с получением олигомерных промежуточных

соединений. Далее указанные промежуточные соединения становятся субстратами для экзотермического расщепления глюканаз, таких как целлобиогидролаза, с получением целлобиозы из концевых групп целлюлозного полимера. Целлобиоза представляет собой водорастворимый 1,4-связанный димер глюкозы. И наконец, целлобиаза расщепляет целлобиозу с получением глюкозы. Эффективность (например, время гидролиза и/или полнота гидролиза) такого процесса зависит от сопротивляемости обработке целлюлозного материала.

Соответственно, обработанные материалы биомассы можно осахаривать путем объединения материала и фермента целлюлаза в жидкой среде, например, водном растворе. В некоторых случаях, перед осахариванием материал кипятят, замачивают или варят в горячей воде, как описано Medoff и Masterman в публикации заявки на патент США 2012/0100577 A1, опубликованной 26 апреля 26 2012 года, полное описание которой включено в настоящий документ.

Процесс осахаривания можно частично или полностью осуществить в баке (например, в баке с объемом по меньшей мере 4000, 40000 или 500000 л), на производственном предприятии и/или его можно частично или полностью осуществить при перемещении, например, в железнодорожной цистерне, автоцистерне или в супертанкере или трюме судна. Время, необходимое для полного осахаривания, будет зависеть от условий обработки и применяемых углеводсодержащего материала и фермента. При проведении осахаривания на производственном предприятии в контролируемых условиях целлюлозу можно по существу полностью превратить в сахар, например, глюкозу, в течение от примерно 12 до 96 часов. Если осахаривание осуществляют частично или полностью при перемещении, осахаривание может занять больше времени.

В целом, предпочтительно, чтобы содержимое бака в ходе осахаривания перемешивали, например, используя струйное перемешивание, как описано в международной заявке на патент № PCT/US2010/035331, поданной 18 мая 2010 года, которая была опубликована на английском языке как WO 2010/135380 и предназначена для Соединенных Штатов, полное описание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Добавление поверхностно-активных веществ может увеличить скорость осахаривания. Примеры поверхностно-активных веществ включают неионные поверхностно-активные вещества, такие как полиэтиленгликолевые поверхностно-активные вещества Твин (Tween®) 20 или Твин (Tween®) 80, ионные поверхностно-активные вещества или амфотерные поверхностно-активные вещества.

В целом, предпочтительно, чтобы концентрация раствора сахара, полученного в результате осахаривания, была сравнительно высокой, например, больше 40% или больше 50, 60, 70, 80, 90 или даже больше 95% по массе. Воду можно удалить, например, путем испарения, для увеличения концентрации раствора сахара. Это уменьшит объем, подвергаемый перемещении, а также позволит подавить рост микробов в растворе.

Согласно альтернативному варианту реализации изобретения можно использовать растворы сахара с более низкими концентрациями, в этом случае может быть желательным добавление противомикробной добавки, например, антибиотика широкого спектра действия, при низкой концентрации, например, от 50 до 150 ppm. Другие подходящие антибиотики включают амфотерицин В, ампициллин, хлорамфеникол, ципрофлоксацин, гентамицин, гигромицин В, канамицин, неомицин, пенициллин, пуромицин, стрептомицин. Антибиотики будут подавлять рост микроорганизмов во время перемещения и хранения и их можно использовать при подходящих концентрациях, например, от 15 до 1000 ppm по массе, например, от 25 до 500 ppm или от 50 до 150 ppm. При необходимости, можно добавить антибиотик, даже если концентрация сахара сравнительно высокая. Согласно альтернативному варианту реализации изобретения можно использовать другие добавки с противомикробными или консервирующими свойствами. Противомикробная добавка (добавки) предпочтительно представляют собой пищевые добавки.

Раствор со сравнительно высокой концентрацией можно получить за счет ограничения количества воды, добавляемой к углеводсодержащему материалу с ферментом. Концентрацию можно регулировать, например, контролируя степень осахаривания. Например, концентрацию можно увеличить путем добавления в раствор большего количества углеводсодержащего материала. Для поддержания уровня сахара, который образуется в растворе, можно добавить поверхностно-активное вещество, например, одно из веществ, описанных выше. Кроме того, можно увеличить растворимость путем увеличения температуры раствора. Например, раствор можно поддерживать при температуре от 40 до 50°С, от 60 до 80°С или даже при более высокой температуре.

ОСАХАРИВАЮЩИЕ АГЕНТЫ

Подходящие разлагающие клетчатку ферменты включают целлюлазы, полученные из видов, относящихся к родам *Bacillus*, *Coprinus*, *Myceliophthora*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* и *Trichoderma*, в частности целлюлазы, полученные с помощью штамма, выбранного из вида *Aspergillus* (см., например, публикацию Европейского патента № 0 458

162), *Humicola insolens* (переклассифицированного как *Scytalidium thermophilum*, см., например, патент США № 4435307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium sp.* (в том числе, но не ограничиваясь ими, *A. persicinum*, *A. acremonium*, *A. brachypenium*, *A. dichromosporum*, *A. obclavatum*, *A. pinkertoniae*, *A. roseogriseum*, *A. incoloratum* и *A. furatum*). Предпочтительные штаммы включают *Humicola insolens* DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117.65, *Cephalosporium sp.* RYM-202, *Acremonium sp.* CBS 478.94, *Acremonium sp.* CBS 265.95, *Acremonium persicinum* CBS 169.65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium sp.* CBS 535.71, *Acremonium brachypenium* CBS 866.73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683,73, *Acremonium obclavatum* CBS 311.74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157.70, *Acremonium roseogriseum* CBS 134.56, *Acremonium incoloratum* CBS 146.62 и *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Разлагающие клетчатку ферменты также можно получить из *Chrysosporium*, предпочтительно, штамма *Chrysosporium lucknowense*. Дополнительные штаммы, которые можно использовать, включают, но не ограничиваются ими, *Trichoderma* (в частности, *T. viride*, *T. reesei* и *T. koningii*), алкалофильный *Bacillus* (см., например, патент США № 3844890 и публикацию Европейского патента № 0458162) и *Streptomyces* (см., например, публикацию Европейского патента № 0458162).

Наряду с ферментами или в комбинации с ними, для осахаривания лигноцеллюлозных и целлюлозных материалов можно использовать кислоты, основания и другие химические соединения (например, окислители). Указанные материалы можно использовать в любой комбинации или последовательности (например, до, после и/или во время добавления фермента). Например, можно использовать сильные минеральные кислоты (например, HCl, H_2SO_4, H_3PO_4) и сильные основания (например, NaOH, KOH).

САХАРА

В процессах, описанных в настоящей заявке, например, после осахаривания, можно выделить и/или очистить сахара (например, глюкозу и ксилозу). Например, сахара можно выделить и/или очистить с помощью осаждения, кристаллизации, хроматографии (например, хроматографии с псевдодвижущимся слоем, хроматографии высокого давления), электродиализа, центрифугирования, экстракции, любого другого способа выделения, известного в данной области техники, и их комбинаций.

ГИДРИРОВАНИЕ И ДРУГИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ

Процессы, описанные в настоящей заявке, могут включать гидрирование. Например, глюкозу и ксилозу можно гидрировать с получением сорбита и ксилита, соответственно. Гидрирование можно выполнить путем применения катализатора (например, Pt/гамма-Al_2O_3, Ru/C, никелевого катализатора Ренея или других катализаторов, известных в данной области техники) в комбинации с H_2 при высоком давлении (например, от 10 (примерно 69 кПа) до 12000 psi (примерно 82,7 МПа)). Можно использовать другие виды химического превращения продуктов в результате процессов, описанных в настоящей заявке, например, производство продуктов, полученных из органического сахара (например, фурфурола и продуктов, полученных из фурфурола). Химические превращения полученных из сахара продуктов описаны в патенте США № 13/934704, поданном 3 июля 2013 года, описание которого в полном объеме включено в настоящий документ посредством ссылки.

ФЕРМЕНТИРОВАНИЕ

Дрожжи и бактерии *Zymomonas*, например, можно использовать для ферментации или превращения сахара (сахаров) в спирт (спирты). Ниже описаны другие микроорганизмы. Оптимальное значение pH для ферментации составляет от примерно 4 до 7. Например, оптимальное значение pH для дрожжей составляет от примерно 4 до 5, тогда как оптимальное значение pH для *Zymomonas* составляет от примерно 5 до 6. Типичное время ферментации составляет от примерно 24 до 168 часов (например, от 24 до 96 часов) при температуре в диапазоне от 20°C до 40°C (например, от 26°C до 40°C), однако термофильные микроорганизмы предпочитают более высокие температуры.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения, например, при применении анаэробных организмов, по меньшей мере часть ферментации проводят в отсутствие кислорода, например, в атмосфере инертного газа, такого как N_2, Ar, He, CO_2 или их смеси. Кроме того, смесь можно постоянно продувать инертным газом, проходящим через бак при протекании части или всего процесса ферментации. В некоторых случаях, анаэробные условия можно достичь или поддерживать за счет образования диоксида углерода в процессе ферментации, при этом дополнительный инертный газ не требуется.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения весь или часть процесса ферментации можно прервать перед полным превращением низкомолекулярного сахара в продукт (например, этанол). Промежуточные продукты ферментации включают сахар и углеводы с высокими концентрациями. Сахара и углеводы можно выделить с применением любых средств, известных в данной области техники. Указанные промежуточные продукты

ферментации можно использовать при получении продукта питания для потребления человеком или животным. Дополнительно или в качестве альтернативы, промежуточные продукты ферментации можно измельчить до тонкодисперсных частиц в лабораторной мельнице из нержавеющей стали и получить мукообразное вещество. В процессе ферментации можно использовать струйное перемешивание, и в некоторых случаях осахаривание и ферментацию выполняют в одном и том же баке.

Питательные вещества для микроорганизмов можно добавить во время осахаривания и/или ферментации, например, пакеты с пищевыми питательными веществами, описанные в публикации заявки на патент США 2012/0052536, поданной 15 июля 2011 года, полное описание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

«Ферментация» включает способы и продукты, описанные в заявках на патент №№ PCT/US2012/71093 опубликованной 27 июня 2013 года, PCT/ US2012/71907 опубликованной 27 июня 2012 года и PCT/US2012/71083 опубликованной 27 июня 2012 года, содержание которых в полном объеме включено в настоящий документ посредством ссылки.

Передвижные ферментеры можно использовать, как описано в международной заявке на патент № PCT/US2007/074028 (которая была подана 20 июля 2007 года, была опубликована на английском языке как WO 2008/011598 и предназначена для Соединенных Штатов) и в опубликованном патенте США № 8318453, содержание которых включено в настоящий документ в полном объеме. Подобным образом, оборудование для осахаривания может быть передвижным. Кроме того, осахаривание и/или ферментацию можно частично или полностью осуществить во время перевозки.

ФЕРМЕНТИРУЮЩИЕ АГЕНТЫ

Микроорганизм(ы), применяемые при ферментации, могут представлять собой природные микроорганизмы и/или сконструированные микроорганизмы. Например, микроорганизм может представлять собой бактерию (в том числе, но не ограничиваясь ими, например, бактерию, разлагающую клетчатку), гриб, (в том числе, но не ограничиваясь ими, например, дрожжи), растение, протист, например, простейшее или грибоподобный протист (в том числе, но не ограничиваясь ими, например, слизевик) или морские водоросли. При совместимости организмов можно использовать смеси организмов.

Подходящие ферментирующие микроорганизмы обладают способностью превращать углеводы, такие как глюкоза, фруктоза, ксилоза, арабиноза, манноза, галактоза, олигосахариды или полисахариды, в продукты ферментации. Ферментирующие микроорганизмы включают штаммы рода *Saccharomyces spp.* (в том числе, но не

ограничиваясь ими, *S. cerevisiae* (пекарские дрожжи), *S. distaticus*, *S. uvarum*), рода *Kluyveromyces*, (в том числе, но не ограничиваясь ими, *K. marxianus*, *K. fragilis*), рода Candida (в том числе, но не ограничиваясь ими, *C. pseudotropicalis* и *C. brassicae*), *Pichia stipitis* (родственник Candida *shehatae*), рода *Clavispora* (в том числе, но не ограничиваясь ими, *C. lusitaniae* и *C. opuntiae*), рода *Pachysolen* (в том числе, но не ограничиваясь ими, *P. tannophilus*), рода *Bretannomyces* (в том числе, но не ограничиваясь ими, например, *B. Clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, в Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212)). Другие подходящие микроорганизмы включают, например, *Zymomonas mobilis*, *Clostridium spp.* (в том числе, но не ограничиваясь ими, *C. thermocellum* (Philippidis, 1996, *supra*), *C. saccharobutylacetonicum*, *C. tyrobutyricum C. saccharobutylicum*, *C. Puniceum*, *C. beijerncki* и *C. acetobutylicum*), *Moniliella spp.* (в том числе, но не ограничиваясь ими, *M. pollinis*, *M. tomentosa*, *M. madida*, *M. nigrescens*, *M. oedocephali*, *M. megachiliensis)*, *Yarrowia lipolytica*, *Aureobasidium sp.*, *Trichosporonoides sp.*, *Trigonopsis variabilis*, *Trichosporon sp.*, *Moniliellaacetoabutans sp.*, *Typhula variabilis*, Candida *magnoliae*, *Ustilaginomycetes sp.*, *Pseudozyma tsukubaensi*, дрожжевые виды родов *Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces*, *Hansenula и Pichia* и грибы рода dematioid *Torula (*например, *T.corallina).*

Дополнительные микроорганизмы включают группу Lactobacillus. Примеры включают *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus coryniformis*, например, *Lactobacillus coryniformis* подвид *torquens*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus brevis*. Другие микроорганизмы включают *Pediococus penosaceus*, *Rhizopus oryzae.*

Некоторые организмы, такие как бактерии, дрожжи и грибы, можно использовать для ферментации продуктов, полученных из биомассы, таких как сахара и спирты, с получением янтарной кислоты и подобных продуктов. Например, организмы можно выбрать из: *Actinobacillus succinogenes*, *Anaerobiospirillum succiniciproducens*, *Mannheimia succiniciproducens*, *Ruminococcus flaverfaciens*, *Ruminococcus albus*, *Fibrobacter succinogenes*, *Bacteroides fragilis*, *Bacteroides ruminicola*, *Bacteroides amylophilus*, *Bacteriodes succinogenes*, *Mannheimia succiniciproducens*, *Corynebacterium glutamicum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Byssochlamys nivea*, *Lentinus degener*, *Paecilomyces varioti*, *Penicillium viniferum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Enterococcus faecali*, *Prevotella ruminicolas*, *Debaryomyces hansenii*, *Candida catenulata* VKM Y-5, *C. mycoderma* VKM Y-240, *C. rugosa* VKM Y-67, *C. paludigena* VKM Y-2443, *C. utilis* VKM Y-74, *C. utilis* 766, *C. zeylanoides* VKM Y-6, *C. zeylanoides* VKM Y-14, *C. zeylanoides* VKM Y-2324, *C. zeylanoides* VKM Y-1543, *C. zeylanoides* VKM Y-2595, *C. valida* VKM Y-934, *Kluyveromyces wickerhamii* VKM Y-589, *Pichia anomala* VKM Y-118, P.

besseyi VKM Y-2084, *P. media* VKM Y-1381, *P. guilliermondii* H-P-4, *P. guilliermondii* 916, *P. inositovora* VKM Y-2494, *Saccharomyces cerevisiae* VKM Y-381, *Torulopsis Candida* 127, *T. Candida* 420, *Yarrowia lipolytica* 12a, *Y. lipolytica* VKM Y-47, *Y. lipolytica* 69, *Y. lipolytica* VKM Y-57, *Y. lipolytica* 212, *Y. lipolytica* 374/4, *Y. lipolytica* 585, *Y. lipolytica* 695, *Y. lipolytica* 704 и смесей перечисленных организмов.

Многие такие микробные штаммы являются общедоступными, и их можно приобрести на рынке или через хранилища, такие как ATCC (Американская коллекция клеточных культур, Манассас, Вирджиния, США), NRRL (Коллекция клеточных культур Службы сельскохозяйственных исследований, Пеория, Иллинойс, США) или DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Брауншвейг, Германия), в частности.

Коммерчески доступные дрожжи включают, например, Ред Стар (Red Star®)/Лесаффре Этанол Ред (Lesaffre Ethanol Red) (которые можно приобрести в компании Red Star/Lesaffre, США), ФАЛИ (FALI®) (которые можно приобрести в компании Fleischmann's Yeast, подразделение Burns Philip Food Inc., США), СУПЕРСТАРТ (SUPERSTART®) (которые можно приобрести в компании Alltech, в настоящее время Lalemand), ГЕРТ СТРАНД (GERT STRAND®) (которые можно приобрести в компании Gert Strand AB, Швеция) и ФЕРМОЛ (FERMOL®) (которые можно приобрести в компании DSM Specialties).

ДИСТИЛЛЯЦИЯ

После ферментации полученные жидкости можно подвергать дистилляции с применением, например, «бражной колонны», для отделения этанола и других спиртов от основного объема воды и остаточной твердой фазы. Пар, выходящий из бражной колонны, может представлять собой, например, 35% по массе этанол и может быть загружен в ректификационную колонну. Смесь почти азеотропного (92,5%) этанола и воды из ректификационной колонны можно очистить с получением чистого (99,5%) этанола, используя парофазные молекулярные сита. Кубовые остатки бражной колонны можно направить на первую ступень трехступенчатого испарителя. Обратный холодильник ректификационной колонны может обеспечить тепло для такой первой ступени испарителя. После первой ступени испарителя твердое вещество можно отделить с применением центрифуги и высушить в барабанной сушилке. Часть (25%) продукта из центрифуги можно повторно использовать для ферментации, а остаток направить на вторую и третью ступени испарителя. Большую часть конденсата из испарителя можно вернуть в процесс в виде

довольно чистого конденсата, при этом небольшую часть отделяют и направляют на обработку сточных вод для предотвращения накопления низкокипящих соединений.

УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Согласно другим вариантам реализации изобретения с помощью способов и систем, описанных в настоящей заявке, можно обработать углеводородсодержащие материалы. Любой процесс, описанный в настоящей заявке, можно использовать для обработки любого углеводородсодержащего материала, описанного в настоящей заявке. Подразумевают, что «углеводородсодержащие материалы», применяемые в настоящей заявке, включают нефтеносные пески, нефтеносный сланец, битуминозные пески, угольную пыль, угольную суспензию, битум, различные типы угля и другие природные и синтетические материалы, содержащие как углеводородные компоненты, так и твердое вещество. Твердое вещество может включать горную породу, песок, глину, камень, ил, буровой шлам или другое твердое органическое и/или неорганическое вещество. Указанный термин также может включать отходы, такие как отходы и побочные продукты бурения, отходы и побочные продукты при переработке нефти или другие отходы, содержащие углеводородные компоненты, такие как асфальтовая кровельная плитка и покрытие, асфальтовое дорожное покрытие и т.д.

Согласно еще другим вариантам реализации изобретения при применении способов и систем, описанных в настоящем документе, можно обрабатывать древесину и продукты, содержащие древесину. Например можно обрабатывать пиломатериалы, например, доски, листы, ламинаты, брус, древесностружечные плиты, композиционные материалы, грубо измельченную древесину, древесину мягких пород и древесину твердых пород. Кроме того, можно обрабатывать срубленные деревья, кустарники, древесную стружку, древесные опилки, корни, кору, пни, сгнившую древесину и другой содержащий древесину материал биомассы.

СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Различные системы перемещения можно использовать для перемещения материалов биомассы, например, как описано, в камеру и под пучок электронов в камере. Типичные транспортеры представляют собой ленточные транспортеры, пневматические транспортеры, винтовые транспортеры, тележки, поезда, поезда или тележки на рельсах, подъемники, фронтальные погрузчики, экскаваторы типа обратная лопата, краны, можно использовать различные скребки и лопаты, вагонетки и загрузочные устройства (throwing devices).

Например, в различных процессах, описанных в настоящей заявке, можно использовать вибрационные транспортеры. Вибрационные транспортеры описаны в PCT/US2013/64289, поданной 10 октября 2013 года, полное описание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

Вибрационные транспортеры особенно полезны для распределения материала по поверхности и обеспечения равномерного слоя на поверхности желоба транспортера. Например, исходное сырье может образовывать груду материала, которая может иметь высоту, составляющую по меньшей мере четыре фута (примерно 122 см) (например, по меньшей мере примерно 3 фута (примерно 91 см), по меньшей мере примерно 2 фута (примерно 61 см), по меньшей мере примерно 1 фут (примерно 30,5 см), по меньшей мере примерно 6 дюймов (15,24 см), по меньшей мере примерно 5 дюймов (12,7 см), по меньшей мере примерно, 4 дюйма (10,16 см), по меньшей мере примерно 3 дюйма (7,62 см), по меньшей мере примерно 2 дюйма (5,08 см), по меньшей мере примерно 1 дюйм (2,54 см), по меньшей мере примерно ½ дюйма (1,27 см)), и ширину, меньшую, чем ширина транспортера (например, менее примерно 10%, менее примерно 20%, менее примерно 30%, менее примерно 40%, менее примерно 50%, менее примерно 60%, менее примерно 70%, менее примерно 80%, менее примерно 90%, менее примерно 95%, менее примерно 99%). Вибрационный транспортер позволяет распределять материал таким образом, чтобы охватить всю ширину желоба транспортера и обеспечить равномерную толщину, предпочтительно, как описано выше. В некоторых случаях, можно использовать дополнительный способ распределения. Например, распределитель, такой как разбрасыватель, гравитационный разбрасыватель (drop spreader) (например, CHRISTY SPREADER™) или их комбинации можно использовать для распределения (например, размещения, разливания, разбрасывания и/или разбрызгивания) сырьевого материала по большой площади. Необязательно, распределитель может доставлять биомассу на вибрационный транспортер в виде широкого ливня или завесы. Кроме того, с помощью второго транспортера, расположенного выше относительно первого транспортера (например, первый транспортер используют при облучении сырьевого материала), можно сбрасывать биомассу на первый транспортер, при этом второй транспортер может иметь ширину, которая в поперечном направлении относительно направления перемещения меньше, чем ширина первого транспортера. В частности, если второй транспортер представляет собой вибрационный транспортер, сырьевой материал распределяется под действием второго и первого транспортера. Согласно некоторым возможным вариантам реализации изобретения, второй транспортер упирается в отвод с косым поперечным разрезом (например, с косым разрезом с соотношением 4:1), так что материал можно сбрасывать на первый транспортер в

виде широкой завесы (например, более широкой, чем ширина второго транспортера). Начальная площадь биомассы, сбрасываемой посредством распределителя (например, разбрасывателя, гравитационного разбрасывателя, транспортера или вибрационного транспортера с поперечным разрезом) может включать всю ширину первого вибрационного транспортера или может включать часть такой ширины. После падения на транспортер, материал под действием вибраций транспортера распределяется даже более равномерно, так что вся ширина транспортера предпочтительно покрывается равномерным слоем биомассы. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения можно использовать комбинации распределителей. Некоторые способы распределения исходного сырья описаны в патенте США № 7153533, поданном 23 июля 2002 года и опубликованном 26 декабря 2006 года, полное описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки.

В целом, предпочтительно перемещать материал через пучок электронов как можно быстрее для максимизирования пропускной способности. Например, материал можно перемешать со скоростями, составляющими по меньшей мере 1 фут/мин (примерно 0,31 м/мин), например, по меньшей мере 2 фут/мин (примерно 0,61 м/мин), по меньшей мере 3 фут/мин (примерно 0,91 м/мин), по меньшей мере 4 фут/мин (примерно 1,22 м/мин), по меньшей мере 5 фут/мин (примерно 1,52 м/мин), по меньшей мере 10 фут/мин (примерно 3,05 м/мин), по меньшей мере 15 фут/мин (примерно 4,57 м/мин), по меньшей мере 20 (примерно 6,09 м/мин), по меньшей мере 25 (примерно 7,62 м/мин), по меньшей мере 30 (примерно 9,14 м/мин), по меньшей мере 40 (примерно 12,19 м/мин), по меньшей мере 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), по меньшей мере 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), по меньшей мере 70 фут/мин (примерно 21,34 м/мин), по меньшей мере 80 фут/мин (примерно 24,38 м/мин), по меньшей мере 90 фут/мин (примерно 27,43 м/мин). Скорость перемещения связана с током пучка и заданной дозой облучения, например, в случае биомассы толщиной ¼ дюйма (0,635 см), распределенной по транспортеру шириной 5,5 футов (примерно 1,68 см), и 100 мА, для обеспечения достаточной дозы облучения транспортер может перемещаться со скоростью примерно 20 футов/мин (примерно 6,096 м/мин), при 50 мА транспортер может перемещаться со скоростью примерно 10 футов/мин (примерно 3,048 м/мин) для обеспечения приблизительно такой же дозы облучения.

Скорость, с которой материал может перемещаться, зависит от формы и массы перемещаемого материала и требуемого количества. Текучие материалы, например, зернистые материалы, особенно поддаются перемещению с помощью вибрационных транспортеров. Скорости перемещения могут, например, составлять по меньшей мере 100 фунт/ч (примерно 45 кг/ч) (например, по меньшей мере 500 фунт/ч (примерно 0,23 т/ч), по меньшей мере 1000 фунт/ч (примерно 0,45 т/ч), по меньшей мере 2000 фунт/ч (примерно 0,9

т/ч), по меньшей мере 3000 фунт/ч (примерно 1,4 т/ч), по меньшей мере 4000 фунт/ч (примерно 1,8 т/ч), по меньшей мере 5000 фунт/ч (примерно 2,3 т/ч), по меньшей мере 10000 фунт/ч (примерно 4,5 т/ч), по меньшей мере 15000 фунт/ч (примерно 6,8 т/ч) или даже по меньшей мере 25000 фунт/ч (примерно 11,3 т/ч)). Некоторые типичные скорости перемещения могут составлять от примерно 1000 (примерно 0,45 т/ч) до 10000 фунт/ч (примерно 4,5 т/ч), (например, от примерно 1000 фунт/ч (примерно 0,45 т/ч) до 8000 фунт/ч (примерно 3,6 т/ч), от примерно 2000 (примерно 0,9 т/ч) до 7000 фунт/ч (примерно 3,2 т/ч), от примерно 2000 (примерно 0,9 т/ч) до 6000 фунт/ч (примерно 2,7 т/ч), от примерно 2000 (примерно 0,9 т/ч) до 5000 фунт/ч (примерно 2,3 т/ч), от примерно 2000 (примерно 0,9 т/ч) до 4500 фунт/ч (примерно 2,0 т/ч), от примерно 1500 (примерно 0,7 т/ч) до 5000 фунт/ч (примерно 2,3 т/ч), от примерно 3000 (примерно 1,4 т/ч) до 7000 фунт/ч (примерно 3,2 т/ч), от примерно 3000 (примерно 1,4 т/ч) до 6000 фунт/ч (примерно 2,7 т/ч), от примерно 4000 (примерно 1,8 т/ч) до 6000 фунт/ч (примерно 2,7 т/ч) и от примерно 4000 (примерно 1,8 т/ч) до 5000 фунт/ч (примерно 2,3 т/ч)). Типичные скорости перемещения зависят от плотности материала. Например, для биомассы с плотностью примерно 35 фунт/фут^3 (примерно 0,56 г/см^3) и при скорости перемещения примерно 5000 фунт/ч (примерно 2,3 т/ч), материал перемещается со скоростью примерно 143 фут^3/ч (примерно 4 м^3/ч), если толщина материала составляет ¼” (0,635 см) и ширина желоба составляет 5,5 футов (примерно 168 см), материал перемещают со скоростью примерно 1250 фут/ч (381 м/ч) (примерно 21 фут/мин (примерно 6,40 м/мин)). Поэтому скорости перемещения материала могут сильно варьировать. Предпочтительно, например, слой биомассы толщиной ¼” перемещают со скоростями от примерно 5 (примерно 1,52 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин) (например, от примерно 5 (примерно 1,52 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 6 (примерно 1,82 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 7 (примерно 2,13 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 8 (примерно 2,44 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 9 (примерно 2,74 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 10 (примерно 3,05 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 11 (примерно 3,35 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 12 (примерно 3,66 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 13 (примерно 3,96 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 14 (примерно 4,27 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 15 (примерно 4,57 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 20 (примерно 6,10 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 30 (примерно 9,14 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 40 (примерно 12,19 м/мин) до 100 фут/мин (примерно 30,48 м/мин), от примерно 2 (примерно 0,61 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин),

от примерно 3 (примерно 0,91 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 5 (примерно 1,52 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 6 (примерно 1,83 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 7 (примерно 2,13 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 8 (примерно 2,44 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 9 (примерно 2,74 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 10 (примерно 3,05 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 15 (примерно 4,57 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 20 (примерно 6,10 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 30 (примерно 9,14 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 40 (примерно 12,19 м/мин) до 60 фут/мин (примерно 18,29 м/мин), от примерно 2 (примерно 0,61 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 3 (примерно 0,91 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 5 (примерно 1,52 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 6 (примерно 1,83 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 7 (примерно 2,13 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 8 (примерно 2,44 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 9 (примерно 2,74 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 10 (примерно 3,05 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 15 (примерно 4,57 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 20 (примерно 6,10 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 30 (примерно 9,14 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин), от примерно 40 (примерно 12,19 м/мин) до 50 фут/мин (примерно 15,24 м/мин)). Предпочтительно, что материал перемещают при постоянной скорости, например, для поддержания постоянного облучения материала при его прохождении под пучком электронов (например, под ливнем, полем).

Описанные вибрационные транспортеры могут включать сита, применяемые для просеивания и сортировки материалов. Портовые отверстия на боку или на дне желобов можно использовать для сортировки, отбора или удаления специфических материалов, например, в зависимости от размера или формы. Некоторые транспортеры имеют противовесы для уменьшения динамических сил, действующих на опорную структуру. Некоторые вибрационные транспортеры выполнены в виде шнековых подъемников, спроектированы таким образом, что могут огибать поверхности и/или спроектированы с возможностью сбрасывания материал с одного транспортера на другой (например, на ступень, каскад или на ряд ступеней или лестницу). Наряду с перемещением материалов транспортеры можно использовать, сами по себе или в сочетании с другим оборудованием или системами, для просеивания, отбора, сортировки, классификации, распределения, сортировки по размеру, технического контроля, извлечения, удаления металлов,

замораживания, перемешивания, смешивания, ориентирования, нагревания, тепловой обработки, сушки, обезвоживания, очистки, промывания, выщелачивания, гашения, нанесения покрытий, обеспыливания и/или подачи. Транспортеры также могут содержать покрытия (например, пыленепроницаемые покрытия), затворы с боковой выгрузкой, затворы с выгрузкой через дно, специальные прокладки (например, прокладки, предотвращающие слипание, прокладки из нержавеющей стали, резины, специализированной стали и/или рифленые прокладки), секционные желоба, ванны для гашения, сита, перфорированные плиты, детекторы (например, детекторы металла), высокотемпературные устройства, устройства для пищевых продуктов, нагреватели, сушилки и/или охладители. Кроме того, желоб может иметь различные формы, например, иметь плоское дно, V-образное дно, содержать в верхней части фланец, иметь изогнутое дно, иметь плоскую форму с выступами в любом направлении, иметь трубчатую форму, форму полутрубы, иметь покрытие или иметь любые комбинации из перечисленных выше форм. В частности, транспортеры могут быть связаны с системами и/или оборудованием для облучения.

Транспортеры (например, вибрационный транспортер) можно изготовить из коррозионностойких материалов. При изготовлении транспортеров можно использовать конструкционные материалы, которые включают нержавеющую сталь (например, нержавеющую сталь 304, 316, сплавы ХАСТЕЛЛОУ (HASTELLOY®) и сплавы ИНКОНЕЛЬ (INCONEL®)). Например, коррозионностойкие сплавы ХАСТЕЛЛОУ (HASTELLOY®) от компании Hynes (Кокомо, Индиана, США), такие как сплав HASTELLOY® B-3®, сплав HASTELLOY® HYBRID-BC1®, сплав HASTELLOY® C-4, сплав HASTELLOY® C-22®, сплав HASTELLOY® C-22HS®, сплав HASTELLOY® C-276, сплав HASTELLOY® C-2000®, сплав HASTELLOY® G-30®, сплав HASTELLOY® G-35®, сплав HASTELLOY® N и сплав HASTELLOY® ULTIMET®.

Вибрационные транспортеры могут иметь не прилипающие антиадгезионные покрытия, например, TUFFLON™ (Dupont, Делавэр, США). Вибрационные транспортеры также могут иметь антикоррозионные покрытия. Например, покрытия, которые может поставлять компания Metal Coatings Corp (Хьюстон, Техас, США), и другие покрытия, такие как фторполимерное покрытие, покрытие КСИЛАН (XYLAN®), покрытие из дисульфида молибдена, эпоксидно-фенольное покрытие, покрытие из фосфатов черных металлов, полиуретановое высокоглянцевое верхнее покрытие для эпоксидной смолы, покрытие из неорганического цинка, политетрафторэтилена, покрытие ППС/РИТОН (PPS/RYTON®), фторированное этиленпропиленовое покрытие, покрытие ПВДФ/ДИКОР (PVDF/DYKOR®), ЭСТФЕ/ХАЛАР (ECTFE/HALAR®) и керамическое эпоксидное покрытие. Указанные

покрытия могут улучшать устойчивость к технологическим газам (например, озону), химической коррозии, точечной коррозии, истирающей коррозии и окислению.

Необязательно, наряду с системами перемещения, описанными в настоящем документе, одну или более других систем перемещения можно заключить в корпус. При применении корпуса помещенный в корпус транспортер можно также продувать инертным газом для поддержания атмосферы с пониженным уровнем кислорода. Поддержание низких уровней кислорода позволяет избежать образования озона, который в некоторых случаях является нежелательным вследствие его реакционноспособности и токсичной природы. Например, кислород может составлять менее примерно 20% (например, менее примерно 10%, менее примерно 1%, менее примерно 0,1%, менее примерно 0,01% или даже менее примерно 0,001%). Продувку можно осуществить с помощью инертного газа, в том числе, но не ограничиваясь ими, с помощью азота, аргона, гелия или диоксида углерода. Указанные газы могут поступать, например, в результате испарения жидкого источника (например, жидкого азота или гелия), могут быть получены или выделены из воздуха *in situ* или могут поступать из цистерн. Инертный газ можно рециркулировать и любое количество остаточного кислорода можно удалить с помощью катализатора, такого как слой медного катализатора. Согласно альтернативному варианту реализации изобретения для поддержания низких уровней кислорода можно выполнять комбинации продувки, рециркулирования и удаления кислорода.

Заключенный в корпус транспортер также можно продувать с применением химически активного газа, который может взаимодействовать с биомассой. Такую продувку можно осуществить перед, во время или после процесса облучения. Химически активный газ может представлять собой, но не ограничиваться ими, закись азота, аммиак, кислород, озон, углеводороды, ароматические соединения, амиды, пероксиды, азиды, галогениды, оксигалогениды, фосфиды, фосфины, арсины, сульфиды, тиолы, бораны и/или гидриды. Химически активный газ можно активировать в корпусе, например, путем облучения (например, с помощью пучка электронов, путем УФ-облучения, микроволнового облучения, нагревания, ИК-облучения) таким образом, чтобы он взаимодействовал с биомассой. Биомассу саму можно активировать, например, путем облучения. Биомассу предпочтительно активируют пучком электронов с получением радикалов, которые затем взаимодействуют с активированным или неактивированным химически активным газом, например, посредством радикального соединения или гашения.

Продувочные газы, подаваемые в заключенный в корпус транспортер, также можно охладить, например, ниже примерно 25°C, ниже примерно 0°C, ниже примерно -40°C, ниже примерно -80°C, ниже примерно -120°C. Например, указанный газ можно испарить из

сжатого газа, такого как жидкий азот, или сублимировать из твердого диоксида углерода. В качестве альтернативного примера, газ можно охладить с помощью охладителя или можно охладить часть или весь транспортер.

ДРУГИЕ ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Любой материал, способы или обработанные материалы, описанные в настоящей заявке, можно использовать для получения продуктов и/или промежуточных соединений, таких как композиционные материалы, наполнители, связующие вещества, полимерные добавки, адсорбенты и агенты контролируемого высвобождения. Указанные способы могут включать уплотнение, например, путем воздействия на материалы давлением и теплом. Например, композиционные материалы можно получить путем объединения волокнистых материалов со смолой или полимером. Например, смолу, которую можно сшить под действием облучения, например, термопластичную смолу, можно объединить с волокнистым материалом для получения комбинации волокнистый материал/сшиваемая смола. Такие материалы можно, например, использовать в качестве строительных материалов, защитных покрытий, контейнеров и других конструкционных материалов (например, формованных и/или экструдированных продуктов). Поглощающие материалы могут быть, например, в форме гранул, хлопьев, волокон и/или листов. Адсорбенты можно использовать, например, в качестве подстилки для домашних животных, упаковочного материала или в системах контроля загрязнения окружающей среды. Матрицы для контролируемого высвобождения также могут быть в форме, например, гранул, хлопьев, волокон и/или листов. Матрицы для контролируемого высвобождения можно, например, использовать для высвобождения лекарственных средств, биоцидов, душистых веществ. Например, композиционные материалы, поглощающие материалы и агенты для контролируемого высвобождения и их применение описаны в международной заявке на патент № PCT/US2006/010648, поданной 23 марта 2006 года, и в патенте США № 8074910, поданном 22 ноября 2011 года, полное описание которых включено в настоящий документ посредством ссылки.

В некоторых случаях материал биомассы обрабатывают на первом уровне для уменьшения сопротивляемости обработке, например, с применением ускоренных электронов, для селективного высвобождения одного или более сахаров (например, ксилозы). Затем биомассу можно обработать до второго уровня для высвобождения одного или более других сахаров (например, глюкозы). Необязательно, между обработками биомассу можно высушить. Способы обработки могут включать применение химических и биохимических способов обработки для высвобождения сахаров. Например, материал

биомассы можно обработать до уровня менее примерно 20 Мрад (например, менее примерно 15 Мрад, менее примерно 10 Мрад, менее примерно 5 Мрад, менее примерно 2 Мрад) и затем обработать раствором серной кислоты, содержащей менее 10% серной кислоты (например, менее примерно 9%, менее примерно 8%, менее примерно 7%, менее примерно 6%, менее примерно 5%, менее примерно 4%, менее примерно 3%, менее примерно 2%, менее примерно 1%, менее примерно 0,75%, менее примерно 0,50 %, менее примерно 0,25%) для высвобождения ксилозы. Ксилозу, например, которая высвобождается в раствор, можно отделить от твердой фазы и, необязательно, твердой фазы, промытой растворителем/раствором (например, водой и/или подкисленной водой). Необязательно, твердое вещество можно высушить, например, на воздухе и/или в вакууме, необязательно, при нагревании (например, при температуре ниже примерно 150 ° C, ниже примерно 120 ° C) до обеспечения содержания воды ниже примерно 25 % масс. (ниже примерно 20 % масс., ниже примерно 15 % масс., ниже примерно 10 % масс. и даже ниже примерно 5 % масс.). Затем твердое вещество можно обработать при уровне менее примерно 30 Мрад (например, менее примерно 25 Мрад, менее примерно 20 Мрад, менее примерно 15 Мрад, менее примерно 10 Мрад, менее примерно 5 Мрад, менее примерно 1 Мрад или даже совсем без обработки) и затем обработать ферментом (например, целлюлазой) для высвобождения глюкозы. Глюкозу (например, глюкозу в растворе) можно отделить от оставшейся твердой фазы. Затем твердое вещество можно дополнительно обработать, например, использовать для получения энергии/или других продуктов (например, продуктов, полученных из лигнина).

АРОМАТИЗАТОРЫ, ДУШИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И КРАСИТЕЛИ

Любые из продуктов и/или промежуточных соединений, описанных в настоящей заявке, например, полученные с применением способов, систем и/или оборудования, описанного в настоящем документе, можно объединить с ароматизаторами, душистыми веществами, красителями и/или их смесями. Например, любое одно или более веществ (необязательно вместе с ароматизаторами, душистыми веществами и/или красителями), выбранных из сахаров, органических кислот, топлив, полиолов, таких как сахарные спирты, биомассы, волокон и композиционных материалов можно объединить (например, путем составления смесей, смешивания или химического взаимодействия) с другими продуктами или использовать для получения других продуктов. Например, один или более такой продукт можно использовать для изготовления мыла, детергентов, конфет, напитков (например, колы, вина, пива, настоек, таких как джин или водка, спортивных напитков,

кофе, чая), сиропов, лекарственных средств, адгезивов, листов (например, тканых, нетканых, фильтров, тканей) и/или композиционных материалов (например, плит). Например, один или более такой продукт можно объединить с травами, цветами, лепестками, специями, витаминами, ароматическими смесями или свечами. Например, приготовленные, смешанные или прореагировавшие комбинации могут иметь вкусы/ароматы грейпфрута, апельсина, яблока, малины, банана, салата, сельдерея, шоколада, корицы, ванили, мяты перечной, мяты, лука, чеснока, перца, шафрана, имбиря, молока, вина, пива, чая, постной говядины, рыбы, моллюсков, оливкового масла, кокосового жира, свиного жира, молочного жира, говяжьего бульона, бобовых, картофеля, мармелада, ветчины, кофе и сыров.

Ароматизаторы, душистые вещества и красители можно добавлять в любом количестве, например, от примерно 0,001 % масс. до примерно 30 % масс., например, от примерно 0,01 до примерно 20, от примерно 0,05 до примерно 10 или от примерно 0,1 % масс. до примерно 5 % масс. Их можно приготавливать, смешивать и/или подвергать реакциям (например, с любым одним или более продуктом или промежуточным соединением, описанным в настоящей заявке) посредством любых способов и в любом порядке или последовательности (например, перемешивать, смешивать, эмульгировать, загущать, диффундировать, нагревать, обрабатывать ультразвуком и/или суспендировать). Можно также использовать наполнители, связующие вещества, эмульгатор, антиокислители, например, белковые гели, крахмалы и кремнезем.

Согласно одному из вариантов реализации изобретения ароматизаторы, душистые вещества и красители можно добавлять в биомассу непосредственно после облучения биомассы с тем, чтобы реакционноспособные центры, образовавшиеся при облучении, могли взаимодействовать с реакционноспособными совместимыми центрами ароматизаторов, душистых веществ и красителей.

Ароматизаторы, душистые вещества и красители могут представлять собой природные и/или синтетические материалы. Указанные материалы могут представлять собой одно или более соединение, композицию или их смеси (например, составленную или природную композицию из нескольких соединений). Необязательно, ароматизаторы, душистые вещества, антиокислители и красители можно получить биологическим способом, например, в результате процесса ферментации (например, ферментации осахаренных материалов, как описано в настоящей заявке). В качестве альтернативы или дополнительно, указанные ароматизаторы, душистые вещества и красители можно взять из целого организма (например, растения, гриба, животного, бактерий или дрожжей) или из части организма. Организм можно собрать и/или экстрагировать с получением красителя, ароматизаторов, душистых веществ и/или антиокислителя с применением любых средств, включающих

применение способов, систем и оборудования, описанных в настоящей заявке, экстракцию горячей водой, сверхкритическую флюидную экстракцию, химическую экстракцию (например, экстракцию растворителем или реакционную экстракцию, в том числе, с применением кислот и оснований), механическую экстракцию (например, прессование, измельчение, фильтрование), применение фермента, применение бактерий, например, для разложения исходного материала, и комбинации указанных способов. Указанные соединения можно получить посредством химической реакции, например, путем объединения сахара (например, полученного, как описано в настоящей заявке) с аминокислотой (реакция Майяра). Ароматизатор, душистое вещество, антиокислитель и/или краситель может представлять собой промежуточное соединение и/или продукт, полученный с помощью способов, оборудования или систем, описанных в настоящей заявке, например, и сложный эфир и продукт, полученный из лигнина.

Некоторые примеры ароматизатора, душистых веществ или красителей представляют собой полифенолы. Полифенолы представляют собой пигменты, ответственные за красный, пурпурный и голубой цвета многих фруктов, овощей, злакового зерна и цветов. Полифенолы также могут проявлять антиоксидантные свойства и часто имеют горький вкус. Антиоксидантные свойства делают их важными консервантами. Одним из классов полифенолов являются флавоноиды, так как антоцианидины, флаванонолы, флаван-3-олы, флаваноны и флаванонолы. Другие фенольные соединения, которые можно использовать, включают фенольные кислоты и их сложные эфиры, такие как хлорогеновая кислота и полимерные таннины.

Из числа красителей можно использовать неорганические соединения, минералы или органические соединения, например, диоксид титана, оксид цинка, оксид алюминия, кадмий желтый (например, CdS), кадмий оранжевый (например, CdS с некоторым добавлением Se), ализариновый красный (например, синтетическую или несинтетическую розовую марену), ультрамарин (например, синтетический ультрамарин, природный ультрамарин, синтетический ультрамарин фиолетовый), кобальт голубой, кобальт желтый, кобальт зеленый, виридиан (например, гидратированный оксид хрома (III)), халькофиллит, конихальцит, корнубит, корнваллит и лироконит. Можно использовать черные пигменты, такие как черный углерод и самодиспергированные черные красители.

Некоторые ароматизаторы и душистые вещества, которые можно использовать, включают АЦАЛЕА TBHQ, АЦЕТ С-6, АЛЛИЛ АМИЛ ГЛИКОЛАТ, АЛЬФА ТЕРПИНЕОЛ, АМБРЕТТОЛИД, АМБРИНОЛ 95, АНДРАН, АФЕРМАТ, ЭППЛАЙД, БАКДАНОЛ (BACDANOL®), БЕРГАМАЛЬ, БЕТА-ИОНОН ЭПОКСИД, БЕТА-НАФТИЛИЗОБУТИЛОВЫЙ ЭФИР, БИЦИКЛОНОНАЛАКТОН, БОРНАФИКС

(BORNAFIX®), КАНТОКСАЛ, КАШМЕРАН (CASHMERAN®), КАШМЕРАН БАРХАТ (CASHMERAN® VELVET), КАССИФИКС (CASSIFFIX®), ЦЕДРАФИКС, ЦЕДРАМБЕР (CEDRAMBER®), ЦЕДРИЛАЦЕТАТ, ЦЕЛЕСТОЛИД, ЦИННАМАЛЬВА, ЦИТРАЛЬ ДИМЕТИЛАЦЕТАТ, ЦИТРОЛАТ™, ЦИТРОНЕЛЛОЛ 700, ЦИТРОНЕЛЛОЛ 950, ЦИТРОНЕЛЛОЛ КЕР, ЦИТРОНЕЛЛИЛАЦЕТАТ, ЦИТРОНЕЛЛИЛАЦЕТАТ ЧИСТЫЙ, ЦИТРОНЕЛЛИЛФОРМИАТ, КЛАРИЦЕТ, КЛОНАЛ, КОНИФЕРАН, КОНИФЕРАН ЧИСТЫЙ, КОРТЕКС АЛЬДЕГИД 50% ПЕОМОЗА, ЦИКЛАБУТ, ЦИКЛАЦЕТ (CYCLACET®), ЦИКЛАПРОП (CYCLAPROP®), ЦИКЛЕМАКС™, ЦИКЛОГЕКСИЛЭТИЛАЦЕТАТ, ДАМАСКОЛ, ДЕЛЬТА ДАМАСКОН, ДИГИДРОЦИКЛАЦЕТ, ДИГИДРОМИРЦЕНОЛ, ДИГИДРОТЕРПИНЕОЛ, ДИГИДРОТЕРПИНИЛАЦЕТАТ, ДИМЕТИЛЦИКЛОРМОЛ, ДИМЕТИЛОКТАНОЛ PQ, ДИМИРЦЕТОЛ, ДИОЛА, ДИПЕНТЕН, ДУЛЦИНИЛ (DULCINYL®) ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗОВАННЫЙ, ЭТИЛ-3-ФЕНИЛГЛИЦИДАТ, ФЛЕРАМОН, ФЛЕРАНИЛ, ФЛОРАЛ СУПЕР, ФЛОРАЛОЗОН, ФЛОРИФФОЛ, ФРАЙСТОН, ФРУКТОН, ГАЛАКСОЛИД (GALAXOLIDE®) 50, ГАЛАКСОЛИД (GALAXOLIDE®) 50 BB, ГАЛАКСОЛИД (GALAXOLIDE®) 50 IPM, ГАЛАКСОЛИД (GALAXOLIDE®) НЕРАЗБАВЛЕННЫЙ, ГАЛЬБАСКОН, ГЕРАЛЬДЕГИД, ГЕРАНИОЛ 5020, ГЕРАНИОЛ 600 ТИПА, ГЕРАНИОЛ 950, ГЕРАНИОЛ 980 (ЧИСТЫЙ), ГЕРАНИОЛ CFT КЕР, ГЕРАНИОЛ КЕР, ГЕРАНИЛАЦЕТАТ КЕР, ГЕРАНИЛАЦЕТАТ, ЧИСТЫЙ, ГЕРАНИЛФОРМИАТ, ГРИЗАЛЬВА, ГУАИЛ АЦЕТАТ, ГЕЛИОНАЛ™, ХЕРБАК, ГЕРБАЛАЙМ™, ГЕКСАДЕКАНОЛИД, ГЕКСАЛОН, ГЕКСЕНИЛ САЛИЦИЛАТ ЦИС 3-, ГИАЦИНТ БОДИ, ГИАЦИНТ БОДИ № 3, ГИДРАТРОПОВЫЙ АЛЬДЕГИД ДМА, ГИДРОКСИОЛ, ИНДОЛАРОМ, ИНТРЕЛЕВЕН АЛЬДЕГИД, ИНТРЕЛЕВЕН АЛЬДЕГИД СПЕЦИАЛЬНЫЙ, ИОНОН АЛЬФА-, ИОНОН БЕТА, ИЗОЦИКЛОЦИТРАЛЬ, ИЗОЦИКЛОГЕРАНИОЛ, АМБРАЛЮКС (ISO E SUPER®), ИЗОБУТИЛ ХИНОЛИН, ЖАСМАЛЬ, ЖЕССЕМАЛЬ (JESSEMAL®), КАРИЗМАЛ (KHARISMAL®), КАРИЗМАЛ (KHARISMAL®) СУПЕР, КУСИНИЛ, КОАВОН (KOAVONE®), КОХИНУЛ (KOHINOOL®), ЛИФФАРОМ™, ЛИМОКСАЛЬ, ЛИНДЕНОЛ™, ЛИРАЛЬ (LYRAL®), ЛИРАМ СУПЕР, МАНДАРИН АЛЬД 10% TRI ETH, ЦИТР, МАРИТИМА, МСК ЧИНЕЗЕ, МЕЙИФФ™, МЕЛАФЛЕР, МЕЛОЗОН, МЕТИЛАНТРАНИЛАТ, МЕТИЛ ИОНОН АЛЬФА ЭКСТРА, МЕТИЛ ИОНОН ГАММА A, МЕТИЛ ИОНОН ГАММА КЕР, МЕТИЛ ИОНОН ГАММА ЧИСТЫЙ, МЕТИЛ ЛАВАНДА КЕТОН, МОНТАВЕРДИ (MONTAVERDI®), МУГУЭСИЯ, ЦИТРОНЕЛЛИЛ ОКСИАЦЕТАЛЬДЕГИД 50, МАСК Z4, МИРАК АЛЬДЕГИД, МИРЦЕНИЛ АЦЕТАТ, НЕКТАРАТ™, NEROL 900, НЕРИЛ АЦЕТАТ, ОЦИМЕН, ОКТАЦЕТАЛЬ, АПЕЛЬСИНОВЫХ ЦВЕТОВ ЭФИР, ОРИВОН, ОРРИНИФФ 25%, ОКСАСПИРАН,

ОЗОФЛЕР, ПАМПЛЕФЛЕУР (PAMPLEFLEUR®), ПЕОМОЗА, ФЕНОКСАНОЛ (PHENOXANOL®), ПИКОНИЯ, ПРЕЦИКЛЕМОН Б, ПРЕНИЛАЦЕТАТ, ПРИЗМАНТОЛ, РЕЗЕДА БОДИ, РОЗАЛЬВА, РОЗАМАСК, САНДЖИНОЛ, САНТАЛИФФ™, СИВЕРТАЛЬ, ТЕРПИНЕОЛ, ТЕРПИНОЛЕН 20, ТЕРПИНОЛЕН 90 PQ, ТЕРПИНОЛЕН РЕКТИФИЦИР., ТЕРПИНИЛАЦЕТАТ, ТЕРПИНИЛАЦЕТАТ JAX, ТЕТРАГИДРО, МУГУОЛ (MUGUOL®), ТЕТРАГИДРО МИРЦЕНОЛ, ТЕТРАМЕРАН, ТИМБЕРСИЛК™, ТОБАКАРОЛ, ТРИМОФИКС (TRIMOFIX®) О ТТ, ТРИПЛАЛЬ (TRIPLAL®), ТРИСАМБЕР (TRISAMBER®), ВАНОРИС, ВЕРДОКС™, ВЕРДОКС™ НС, ВЕРТЕНЕКС (VERTENEX®), ВЕРТЕНЕКС (VERTENEX®) НС, ВЕРТОФИКС (VERTOFIX®) КЕР, ВЕРТОЛИФФ, ВЕРТОЛИФФ ИЗО, ВИОЛИФФ, ВИВАЛЬДИ, ЗЕНОЛИД, АБСОЛЮ ИНДИЯ 75 PCT МИГЛИОЛ, АБСОЛЮ МОРОККО 50 PCT DPG, АБСОЛЮ МОРОККО 50 PCT TEC, АБСОЛЮ ФРАНЦУЗКИЙ, АБСОЛЮ ИНДИЯ, АБСОЛЮ MD 50 PCT BB, АБСОЛЮ МОРОККО, КОНЦЕНТРАТ PG, НАСТОЙКА 20 PCT, АМБЕРГРИС, АБСОЛЮ АМБРЕТТА, АМБРЕТОВОЕ МАСЛО, МАСЛО ПОЛЫНИ 70 PCT ТУЙОН, АБСОЛЮ БАЗИЛИКА ГРАНД ВЕРТ, БАЗИЛИК ГРАНД ВЕРТ АБСОЛЮ MD, БАЗИЛИКОВОЕ МАСЛО ГРАНД ВЕРТ, БАЗИЛИКОВОЕ МАСЛО ВЕРВЕЙНА, БАЗИЛИКОВОЕ МАСЛО ВЬЕТНАМ, ЛАВРОВОЕ МАСЛО БЕСТЕРПЕНОВОЕ, АБСОЛЮ ПЧЕЛИНОГО ВОСКА N G, АБСОЛЮ ПЧЕЛИНОГО ВОСКА, БЕНЗОЙНЫЙ РЕЗИНОИД СИАМ, БЕНЗОЙНЫЙ РЕЗИНОИД СИАМ 50 PCT DPG, БЕНЗОЙНЫЙ РЕЗИНОИД СИАМ 50 PCT PG, БЕНЗОЙНЫЙ РЕЗИНОИД СИАМ 70,5 PCT TEC, АБСОЛЮ ПОЧЕК ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ 65 PCT PG, АБСОЛЮ ПОЧЕК ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ MD 37 PCT TEC, АБСОЛЮ ПОЧЕК ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ МИГЛИОЛ, АБСОЛЮ ПОЧЕК ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ БУРГУНДСКОЕ, МАСЛО БУА-ДЕ-РОЗ, АБСОЛЮ ОТРУБЕЙ, РЕЗИНОИД ОТРУБЕЙ, АБСОЛЮ-ДРОКА ИТАЛИЯ, КАРДАМОН ГВАТЕМАЛА CO2 ЭКСТРАКТ, КАРДАМОННОЕ МАСЛО ГВАТЕМАЛА, КАРДАМОННОЕ МАСЛО ИНДИЯ, СРЕДИННАЯ НОТА МОРКОВИ, АБСОЛЮ МАСЛА КАССИИ ЕГИПЕТ, АБСОЛЮ МАСЛА КАССИИ MD 50 PCT IPM, АБСОЛЮ КАСТОРЕУМА 90 PCT TEC, АБСОЛЮ КАСТОРЕУМА С 50 PCT МИГЛИОЛ, АБСОЛЮ КАСТОРЕУМА, РЕЗИНОИД КАСТОРЕУМА, РЕЗИНОИД КАСТОРЕУМА 50 PCT DPG, ЦЕДРОЛ ЦЕДРЕН, МАСЛО ЦЕДРУС АТЛАНТИКА РЕДИСТ, МАСЛО РИМСКОЙ РОМАШКИ, МАСЛО ДИКОЙ РОМАШКИ, МАСЛО ДИКОЙ РОМАШКИ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛИМОНЕНА, МАСЛО ИЗ КОРЫ КОРИЧНОГО ДЕРЕВА ЦЕЙЛАН, АБСОЛЮ ЦИСТА, АБСОЛЮ ЦИСТА БЕСЦВЕТНЫЙ, ЦИТРОНЕЛЛОВОЕ МАСЛО АЗИЯ, НЕ СОДЕРЖАЩЕЕ ЖЕЛЕЗО, АБСОЛЮ ЦИБЕТА 75 PCT PG, АБСОЛЮ ЦИБЕТА, НАСТОЙКА ЦИБЕТА 10 PCT, АБСОЛЮ ФРАНЦУЗКОГО ШАЛФЕЯ МУСКАТНОГО ОБЕСЦВЕЧ., АБСОЛЮ ФРАНЦУЗКОГО ШАЛФЕЯ МУСКАТНОГО,

ШАЛФЕЙ МУСКАТЫЙ C'LESS 50 PCT PG, МАСЛО ФРАНЦУЗКОГО ШАЛФЕЯ МУСКАТНОГО, КОПАЙСКИЙ БАЛЬЗАМ, МАСЛО КОПАЙСКОГО БАЛЬЗАМА, МАСЛО ИЗ СЕМЯН КОРИАНДРА, КИПАРИСОВОЕ МАСЛО, КИПАРИСОВОЕ МАСЛО ОРГАНИЧЕСКОЕ, МАСЛО ПОЛЫНИ ГОРЬКОЙ, ГАЛЬБАНОЛ, АБСОЛЮ ГАЛЬБАНУМА БЕСЦВЕТНЫЙ, МАСЛО ГАЛЬБАНУМА, РЕЗИНОИД ГАЛЬБАНУМА, РЕЗИНОИД ГАЛЬБАНУМА 50 PCT DPG, РЕЗИНОИД ГАЛЬБАНУМА ГЕРКОЛУН BHT, РЕЗИНОИД ГАЛЬБАНУМА TEC BHT, АБСОЛЮ GENTIANE MD 20 PCT BB, КОНКРЕТ GENTIANE, АБСОЛЮ ГЕРАНИ ЕГИПЕТ MD, АБСОЛЮ ГЕРАНИ ЕГИПЕТ, ГЕРАНИЕВОЕ МАСЛО КИТАЙ, ГЕРАНИЕВОЕ МАСЛО ЕГИПЕТ, ИМБИРНОЕ МАСЛО 624, ИМБИРНОЕ МАСЛО РЕКТИФИЦИРОВАННОЕ РАСТВОРИМОЕ, СРЕДИННАЯ НОТА ГВАЯКОВОГО ДЕРЕВА, АБСОЛЮ СЕНА MD 50 PCT BB, АБСОЛЮ СЕНА, АБСОЛЮ СЕНА MD 50 PCT TEC, HEALINGWOOD, ИССОПОВОЕ МАСЛО ОРГАНИЧЕСКОЕ, АБСОЛЮ БЕССМЕРТНИКА ЮГОСЛАВИЯ MD 50 PCT TEC, АБСОЛЮ БЕССМЕРТНИКА ИСПАНИЯ, АБСОЛЮ БЕССМЕРТНИКА ЮГОСЛАВИЯ, АБСОЛЮ ЖАСМИНА ИНДИЯ MD, АБСОЛЮ ЖАСМИНА ЕГИПЕТ, АБСОЛЮ ЖАСМИНА ИНДИЯ, АБСОЛЮ ЖАСМИНА МОРОККО, АБСОЛЮ АРАБСКОГО ЖАСМИНА, АБСОЛЮ ЖОНКИЛИИ MD 20 PCT BB, АБСОЛЮ ЖОНКИЛИИ ФРАНЦИЯ, МОЖЖЕВЕЛОВОЕ МАСЛО FLG, МОЖЖЕВЕЛОВОЕ МАСЛО РЕКТИФИЦИРОВАННОЕ РАСТВОРИМОЕ, РЕЗИНОИД ЛАБДАНУМА 50 PCT TEC, РЕЗИНОИД ЛАБДАНУМА BB, РЕЗИНОИД ЛАБДАНУМА MD, РЕЗИНОИД ЛАБДАНУМА MD 50 PCT BB, АБСОЛЮ ЛАВАНДИНА H, АБСОЛЮ ЛАВАНДИНА MD, ЛАВАНДИНОВОЕ МАСЛО АБРИАЛЬ ОРГАНИЧЕСКОЕ, ЛАВАНДИНОВОЕ МАСЛО ГРОССО ОРГАНИЧЕСКОЕ, ЛАВАНДИНОВОЕ МАСЛО СУПЕР, АБСОЛЮ ЛАВАНДЫ H, АБСОЛЮ ЛАВАНДЫ MD, ЛАВАНДОВОЕ МАСЛО БЕЗ КУМАРИНА, ЛАВАНДОВОЕ МАСЛО БЕЗ КУМАРИНА ОРГАНИЧЕСКОЕ, ЛАВАНДОВОЕ МАСЛО MAILLETTE ОРГАНИЧЕСКОЕ, ЛАВАНДОВОЕ МАСЛО MT, АБСОЛЮ МАЦИСА BB, МАСЛО ИЗ ЦВЕТКОВ МАГНОЛИИ НИЗКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕТИЛОВОГО ЭФИРА ЭВГЕНОЛА, МАСЛО ИЗ ЦВЕТКОВ МАГНОЛИИ, МАСЛО ИЗ ЦВЕТКОВ МАГНОЛИИ MD, МАСЛО ИЗ ЛИСТЬЕВ МАГНОЛИИ, МАНДАРИНОВОЕ МАСЛО MD, МАНДАРИНОВОЕ МАСЛО MD BHT, АБСОЛЮ МАТЕ BB, АБСОЛЮ ДРЕВЕСНОГО МХА MD TEX IFRA 43, АБСОЛЮ ДУБОВОГО МХА MD TEC IFRA 43, АБСОЛЮ ДУБОВОГО МХА IFRA 43, АБСОЛЮ ДРЕВЕСНОГО МХА MD IPM IFRA 43, РЕЗИНОИД МИРРЫ BB, РЕЗИНОИД МИРРЫ MD, РЕЗИНОИД МИРРЫ TEC, МИРТОВОЕ МАСЛО, НЕ СОДЕРЖАЩЕЕ ЖЕЛЕЗО, МИРТОВОЕ МАСЛО ТУНИС РЕКТИФИЦИРОВАННОЕ, АБСОЛЮ НАРЦИССА MD 20 PCT BB, АБСОЛЮ НАРЦИССА ФРАНЦУЗКОГО, НЕРОЛИЕВОЕ МАСЛО ТУНИС, МАСЛО МУСКАТНОГО ОРЕХА

БЕСТЕРПЕНОВОЕ, АБСОЛЮ OEILLET, РЕЗИНОИД ОЛИБАНУМА, РЕЗИНОИД ОЛИБАНУМА BB, РЕЗИНОИД ОЛИБАНУМА DPG, РЕЗИНОИД ОЛИБАНУМА ЭКСТРА 50 PCT DPG, РЕЗИНОИД ОЛИБАНУМА MD, РЕЗИНОИД ОЛИБАНУМА MD 50 PCT DPG, РЕЗИНОИД ОЛИБАНУМА TEC, РЕЗИНОИД ОПОПОНАКСА TEC, ОРАНЖЕВОЕ ПОМЕРАНЦЕВОЕ МАСЛО MD BHT, ОРАНЖЕВОЕ ПОМЕРАНЦЕВОЕ МАСЛО MD SCFC, АБСОЛЮ ЦВЕТКА АПЕЛЬСИНОВОГО ДЕРЕВА ТУНИС, ВОДНОЕ АБСОЛЮ ЦВЕТКА АПЕЛЬСИНОВОГО ДЕРЕВА ТУНИС, АБСОЛЮ ИЗ ЛИСТЬЕВ АПЕЛЬСИНОВОГО ДЕРЕВА, ВОДНОЕ АБСОЛЮ ИЗ ЛИСТЬЕВ АПЕЛЬСИНОВОГО ДЕРЕВА ТУНИС, АБСОЛЮ ФИАЛКОВОГО КОРНЯ ИТАЛИЯ, КОНКРЕТ ФИАЛКОВОГО КОРНЯ 15 PCT ИРОН, КОНКРЕТ ФИАЛКОВОГО КОРНЯ 8 PCT ИРОН, ФИАЛКОВЫЙ КОРЕНЬ ПРИРОДНЫЙ 15 PCT ИРОН 4095C, ФИАЛКОВЫЙ КОРЕНЬ ПРИРОДНЫЙ 8 PCT ИРОН 2942C, РЕЗИНОИД ФИАЛКОВОГО КОРНЯ, АБСОЛЮ ОСМАНТУСА, АБСОЛЮ ОСМАНТУСА MD 50 PCT BB, СРЕДИННАЯ НОТА ПАЧУЛИ N°3, ПАЧУЛЕВОЕ МАСЛО ИНДОНЕЗИЯ, ПАЧУЛЕВОЕ МАСЛО ИНДОНЕЗИЯ, НЕ СОДЕРЖАЩЕЕ ЖЕЛЕЗО, ПАЧУЛЕВОЕ МАСЛО ИНДОНЕЗИЯ MD, ПАЧУЛЕВОЕ МАСЛО БИДИСТИЛЛИРОВАННОЕ, СРЕДИННАЯ НОТА МЯТЫ БОЛОТНОЙ, АБСОЛЮ МЯТЫ ПЕРЕЧНОЙ MD, ПЕТИГРЕНЕВОЕ ПОМЕРАНЦЕВОЕ МАСЛО ТУНИС, ПЕТИГРЕНЕВОЕ ЛИМОННОЕ МАСЛО, ПЕТИГРЕНЕВОЕ МАСЛО ПАРАГВАЙ БЕСТЕРПЕНОВОЕ, ПЕТИГРЕНЕВОЕ МАСЛО БЕСТЕРПЕНОВОЕ STAB, МАСЛО ИЗ ЯГОД ДУШИСТОГО ПЕРЦА, МАСЛО ИЗ ЛИСТЬЕВ ДУШИСТОГО ПЕРЦА, РОДИНОЛ ЭКСТРАКТ ИЗ ГЕРАНИ КИТАЙ, АБСОЛЮ БОЛГАРСКОЙ РОЗЫ НИЗКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕТИЛОВОГО ЭФИРА ЭВГЕНОЛА, АБСОЛЮ РОЗЫ МОРОККО НИЗКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕТИЛОВОГО ЭФИРА ЭВГЕНОЛА, АБСОЛЮ ТУРЕЦКОЙ РОЗЫ НИЗКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕТИЛОВОГО ЭФИРА ЭВГЕНОЛА, АБСОЛЮ РОЗЫ, АБСОЛЮ БОЛГАРСКОЙ РОЗЫ, АБСОЛЮ ДАМАССКОЙ РОЗЫ, АБСОЛЮ РОЗЫ MD, АБСОЛЮ РОЗЫ МОРОККО, АБСОЛЮ ТУРЕЦКОЙ РОЗЫ, РОЗОВОЕ МАСЛО БОЛГАРСКОЕ, РОЗОВОЕ МАСЛО ДАМАССКОЕ НИЗКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕТИЛОВОГО ЭФИРА ЭВГЕНОЛА, РОЗОВОЕ МАСЛО ТУРЕЦКОЕ, РОЗМАРИНОВОЕ МАСЛО КАМФОРА ОРГАНИЧЕСКОЕ, РОЗМАРИНОВОЕ МАСЛО ТУНИС, САНДАЛОВОЕ МАСЛО ИНДИЯ, САНДАЛОВОЕ МАСЛО ИНДИЯ РЕКТИФИЦИРОВАННОЕ, САНТАЛОЛ, МАСЛО SCHINUS MOLLE, НАСТОЙКА РОЖКОВОГО ДЕРЕВА 10 PCT, РЕЗИНОИД СТИРАКСА, РЕЗИНОИД СТИРАКСА, МАСЛО БАРХАТЦЕВ, СРЕДИННАЯ НОТА ЧАЙНОГО ДЕРЕВА, АБСОЛЮ ДИПТЕРИКСА 50 PCT РАСТВОРИТЕЛИ, АБСОЛЮ ДИПТЕРИКСА, АБСОЛЮ ТУБЕРОЗЫ ИНДИЯ, СРЕДИННАЯ НОТА ВЕТИВЕРА ЭКСТРА, ВЕТИВЕРОВОЕ МАСЛО

ГАИТИ, ВЕТИВЕРОВОЕ МАСЛО ГАИТИ MD, ВЕТИВЕРОВОЕ МАСЛО ЯВА, ВЕТИВЕРОВОЕ МАСЛО ЯВА MD, АБСОЛЮ ИЗ ЛИСТЬЕВ ФИАЛКИ ЕГИПЕТ, АБСОЛЮ ИЗ ЛИСТЬЕВ ФИАЛКИ ЕГИПЕТ ОБЕСЦВЕЧ., АБСОЛЮ ИЗ ЛИСТЬЕВ ФРАНЦУЗКОЙ ФИАЛКИ, АБСОЛЮ ИЗ ЛИСТЬЕВ ФИАЛКИ MD 50 PCT BB, МАСЛО ПОЛЫНИ БЕСТЕРПЕНОВОЕ, ЭКСТРА МАСЛО ИЛАНГА, МАСЛО ИЛАНГА III и комбинации указанных соединений.

Красящие вещества можно обнаружить среди веществ, перечисленных в списке международных цветовых индексов, разработанном Обществом красильщиков и колористов. Красящие вещества включают красители и пигменты, а также те вещества, которые обычно применяют для окрашивания текстильных изделий, красок, чернил и красок для струйных принтеров. Некоторые красящие вещества, которые можно использовать, включают каротиноиды, арилиды желтые, диарилиды желтые, ß-нафтолы, нафтолы, бензимидазолоны, конденсационные дисазопигменты, пиразолоны, никель азо-желтый, фталоцианины, хинакридоны, перилены и перинoны, изоиндолинон и изоиндолиновые пигменты, триарилкарбониевые пигменты, дикетопирроло-пирролевые пигменты, тиоиндигоидные пигменты. Картеноиды включают, например, альфа-каротен, бета-каротен, гамма-каротен, ликопин, лютеин и экстракт астаксантин аннатто, дегидратированную свеклу (свекольный порошок), кантаксантин, карамель, β-апо-8'-каротенал, экстракт кошенили, кармин, натрий медный хлорофиллин, темную частично обезжиренную варенную хлопковую муку, глюконат железа, молочнокислое железо, экстракт красящих веществ из винограда, экстракт кожицы винограда (enocianina), масло из моркови, паприку, паприку олеосмола, перламутровые пигменты на основе слюды, рибофлавин, шафран, диоксид титана, экстракт ликопина из томатов; концентрат ликопина из томатов, куркуму, куркуму олеосмола, FD&C Голубой № 1, FD&C Голубой № 2, FD&C Зеленый № 3, Оранжевый B, Красный Цитрусовый № 2, FD&C Красный № 3, FD&C Красный № 40, FD&C Желтый № 5, FD&C Желтый № 6, Глинозем (сухой гидроксид алюминия), карбонат кальция, калий натрий медный хлорофиллин (комплекс хлорофиллин-медь), дигидроксиацетон, оксихлорид висмут, железо-аммонийный ферроцианид, ферроцианид двухвалентного железа, гидроксид хрома зеленый, оксиды хрома зеленые, гуанин, пирофиллит, тальк, алюминиевую пудру, бронзовую пудру, медную пудру, оксид цинка, D&C Голубой № 4, D&C Зеленый № 5, D&C Зеленый № 6, D&C Зеленый № 8, D&C Оранжевый № 4, D&C Оранжевый № 5, D&C Оранжевый № 10, D&C Оранжевый № 11, FD&C Красный № 4, D&C Красный № 6, D&C Красный № 7, D&C Красный № 17, D&C Красный № 21, D&C Красный № 22, D&C Красный № 27, D&C Красный № 28, D&C Красный № 30, D&C Красный № 31, D&C Красный № 33, D&C Красный № 34, D&C

Красный № 36, D&C Красный № 39, D&C Фиолетовый № 2, D&C Желтый № 7, экстракт D&C Желтый № 7, D&C Желтый № 8, D&C Желтый № 10, D&C Желтый № 11, D&C Черный № 2, D&C Черный № 3 (3), D&C Коричневый № 1, экстракт D&C, хром-кобальт-алюминий оксид, железо-аммонийный цитрат, пирогаллол, кампешевый экстракт, сополимеры 1,4-бис[(2-гидрокси-этил)амино]-9,10-антрацендион-бис(2- пропенового) сложного эфира, сополимеры 1,4-бис [(2-метилфенил)амино] -9,10-антрацендиона, сополимеры 1,4-бис[4-(2-метакрилоксиэтил) фениламино]антрахинона, карбазол фиолетовый, комплекс хлорофиллин-медь, хром-кобальт-алюминий оксид, C.I. Vat Оранжевый 1, 2-[[2,5-диэтокси-4-[(4-метилфенил)тиол]фенил]азо]-1,3,5-бензолтриол, 16,23-дигидродинафто[2,3-a:2',3'-i]нафт [2',3':6,7] индоло[2,3-c]карбазол-5,10,15,17,22,24-гексон, N,N'-(9,10-дигидро-9,10-диоксо-1,5-антрацендиил)бис-бензамид, 7,16-дихлор- 6,15-дигидро-5,9,14,18-антразинететрон, 16,17-диметоксидинафто(1,2,3-cd:3',2',1'-lm)перилен-5,10-дион, сополимеры (3) поли(гидроксиэтил метакрилатого) красителя, Активный Черный 5, Активный Голубой 21, Активный Оранжевый 78, Активный Желтый 15, Активный Голубой № 19, Активный Голубой № 4, C.I. Активный Красный 11, C.I. Активный Желтый 86, C.I. Активный Голубой 163, C.I. Активный Красный 180, 4-[(2,4-диметилфенил)азо]- 2,4-дигидро-5-метил-2-фенил- 3H-пиразол-3-он (растворитель Желтый 18), 6-этокси-2- (6-этокси-3-оксобензо[b]тиен-2(3H)-илиден) бензо[b]тиофен-3(2H)-он, Фталоцианин зеленый, красящие продукты реакции виниловый спирт/метилметакрилат, C.I. Активный Красный 180, C.I. Активный Черный 5, C.I. Активный Оранжевый 78, C.I. Активный Желтый 15, C.I. Активный Голубой 21, диатрия 1-амино-4-[[4-[(2-бром-1-оксоаллил)амино]-2-сульфонатофенил]амино]-9,10-дигидро-9,10-диоксоантрацен-2-сульфонат (Активный Голубой 69), D&C Голубой № 9, [фталоцианинато(2-)] медь и их смеси.

Отличные от тех, что приведены в примерах в настоящей заявке, или если явно не указано специально, все численные диапазоны, количества, величины и проценты, такие как те, которые выражают количества материалов, элементарные составы, время и температуры реакции, соотношения количеств и другие параметры, в следующей части описания изобретения и прилагаемой формуле изобретения следует понимать, как если бы им предшествовало слово «примерно», даже если термин «примерно» может в явной форме не стоять рядом с указанной величиной, количеством или диапазоном. Соответственно, если не указано иное, численные параметры, приведенные в следующем описании изобретения и прилагаемой формуле изобретения, являются приближенными значениями, которые могут меняться в зависимости от требуемых искомых свойств, которые предполагают обеспечить с помощью настоящего изобретения. По меньшей мере и не в качестве попытки ограничить применение доктрины эквивалентов объемом формулы изобретения, каждый численный

параметр должен по меньшей мере рассматриваться в свете количества приведенных значащих цифр и с применением обычных методов округления.

Несмотря на то, что численные диапазоны и параметры, определяющие широкий объем изобретения, являются приближениями величинами, численные значения, приведенные в конкретных примерах, указаны как можно точнее. Однако любое численное значение по природе содержит ошибку, обязательно возникающую в результате стандартного отклонения, обнаруживаемого в лежащих в ее основе соответствующих экспериментальных измерениях. Кроме того, когда в настоящей заявке приводят численные диапазоны, указанные диапазоны включают конечные точки приведенных диапазонов (т.е., конечные точки можно использовать). При применении в настоящей заявке процентного содержания по массе, численные величины приведены относительно суммарной массы.

Кроме того, следует понимать, что любой численный диапазон, приведенный в настоящем документе, предполагает включение всех входящих в него поддиапазонов. Например, подразумевают, что диапазон «от 1 до 10» включает все поддиапазоны между (и в том числе) приведенным минимальным значением 1 и приведенным максимальным значением 10, то есть, включает минимальное значение равное 1 или больше 1 и максимальное значение равное 10 или меньше 10. Подразумевают, что термин «один» и существительные в единственном числе, применяемые в настоящей заявке, включают «по меньшей мере один» или «один или более», если не указано иное.

Любой патент, публикация или другой описанный материал, в целом или частично, который, как указано, включен в настоящую заявку посредством ссылки, включен в настоящий документ только в той степени, в какой включенный материал не противоречит существующим определениям, утверждениям или другому раскрывающему сущность изобретения материалу, описанному в настоящей заявке. По существу и в необходимой степени, описание, ясно изложенное в настоящей заявке, заменяет любой противоречащий материал, включенный в настоящий документ посредством ссылки. Любой материал или его часть, который, как указано, включен в настоящий документ посредством ссылки, но который противоречит существующим определениям, утверждениям или другому раскрывающему сущность изобретения материалу, описанному в настоящем документе, будет включен только в той степени, которая не вызывает противоречия между указанным включенным материалом и существующим материалом, раскрывающим сущность изобретения.

Несмотря на то, что настоящее изобретение было подробно показано и описано со ссылками на предпочтительные варианты его реализации, специалистам в данной области техники будет понятно, что в нем могут быть сделаны различные изменения в форме и

деталях без отступления от сущности и объема настоящего изобретения, определяемых прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ транспортировки материала, такого как биомасса, включающий:

перемещение биомассы с пониженной сопротивляемостью обработке вдоль внутренних частей винтового транспортера.

2. Способ по п. 1, дополнительно включающий доставку биомассы к загрузочному отверстию винтового транспортера.

3. Способ по п.п. 1 или 2, дополнительно включающий выгрузку биомассы через выпускное отверстие винтового транспортера.

4. Способ по любому из п.п. 1-3, отличающийся тем, что биомасса обработана с помощью ускоренных электронов для уменьшения ее сопротивляемости обработке.

5. Способ по п. 4, отличающийся тем, что электроны имеют энергию, составляющую от примерно 0,3 МэВ до примерно 5 МэВ.

6. Способ по п. 4, отличающийся тем, что электроны имеют энергию, составляющую от примерно 0,5 МэВ до примерно 3,5 МэВ.

7. Способ по п. 4, отличающийся тем, что электроны имеют энергию, составляющую от примерно 0,8 МэВ до примерно 2 МэВ.

8. Способ по любому из п.п. 4-7, отличающийся тем, что перед перемещением биомасса получила дозу, составляющую от примерно 0,5 Мрад до примерно 50 Мрад.

9. Способ по любому из п.п. 4-7, отличающийся тем, что перед перемещением биомасса получает дозу, составляющую от примерно 1 Мрад до примерно 20 Мрад.

10. Способ по любому из п.п. 4-7, отличающийся тем, что перед перемещением биомасса получает дозу, составляющую от примерно 5 Мрад до примерно 15 Мрад.

11. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что внутренние части, вдоль которых происходит перемещение биомассы, такие как вал винта, витки винта и/или корпус, охлаждают.

12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что по меньшей мере некоторые из указанных внутренних частей охлаждают с помощью охлажденной жидкости, такой как вода или смеси гликоля и воды.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что охлажденную воду охлаждают с использованием башенного охладителя и/или посредством геотермального охлаждения.

14. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что транспортер имеет впускное отверстие для биомассы и разгрузочное отверстие для биомассы, и при этом перепад температур между биомассой на входе и при выгрузке составляет менее примерно 110 ˚C.

15. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что транспортер имеет впускное отверстие для биомассы и разгрузочное отверстие для биомассы, и при этом перепад температур между биомассой на входе и при выгрузке составляет менее примерно 75 ˚C.

16. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что транспортер имеет впускное отверстие для биомассы и разгрузочное отверстие для биомассы, и при этом перепад температур между биомассой на входе и при выгрузке составляет менее примерно 50 ˚C.

17. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что транспортер имеет впускное отверстие для биомассы и разгрузочное отверстие для биомассы, и при этом перепад температур между биомассой на входе и при выгрузке составляет менее примерно 25 ˚C.

18. Способ по любому из предыдущих пунктов, дополнительно включающий измельчение материала биомассы при его перемещении.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что измельчение включает резку.

20. Способ по п. 18, отличающийся тем, что измельчение включает приложение сдвиговых усилий.

21. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что с материалом биомассы перед перемещением обработанного материала биомассы, во время и/или после перемещения указанного материала объединяют добавку.

22. Способ по п. 21, отличающийся тем, что указанная добавка выбрана из группы, состоящей из воды, кислоты, основания, металла, смолы, неорганического материала и их смесей.

23. Способ по п. 22, отличающийся тем, что указанная кислота представляет собой серную кислоту, соляную кислоту или фосфорную кислоту.

24. Способ обработки материала, включающий:

подачу материала в первую камеру обработки, оборудованную первым электроннолучевым устройством,

облучение указанного материала пучками электронов с применением указанного первого электроннолучевого устройства, и

охлаждение и перемещение материала с помощью винтового транспортера из первой камеры обработки.

25. Способ по п. 24, дополнительно включающий перемещение материала во вторую камеру обработки, оборудованную вторым электроннолучевым устройством, и облучение

материала с помощью пучка электронов с применением указанного второго электроннолучевого устройства.

26. Способ по п. 24 или 25, отличающийся тем, что винтовой транспортер содержит внутренние части, такие как вал винта, витки винта и/или корпус, которые охлаждают.

27. Способ по п. 26, отличающийся тем, что указанные внутренние части охлаждают с помощью охлажденной жидкости, такой как вода или смеси гликоля и воды.

28. Способ по любому из п.п. 24-27, отличающийся тем, что охлаждение понижает температуру материала на от примерно 1°С до 110 °С.

29. Способ по любому из п.п. 24-27, отличающийся тем, что охлаждение понижает температуру материала на от примерно 10°С до примерно 75 °С.

30. Способ по любому из п.п. 24-27, отличающийся тем, что охлаждение понижает температуру материала на от примерно 10°С до примерно 50 °С.

31. Способ по любому из п.п. 24-30, отличающийся тем, что суммарная доставленная доза составляет от примерно 1 до 200 Мрад.

32. Способ по любому из п.п. 24-30, отличающийся тем, что суммарная доставленная доза составляет от примерно 10 Мрад до примерно 50 Мрад.

33. Способ по любому из п.п. 24-30, отличающийся тем, что суммарная доставленная доза составляет от примерно 20 Мрад до примерно 40 Мрад.

34. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 200 °С.

35. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 180 °С.

36. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 160 °С.

37. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 150 °С.

38. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 140 °С.

39. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 130 °С.

40. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 120 °С.

41. Способ по любому из п.п. 24-33, отличающийся тем, что температура материала во время облучения не превышает примерно 110 °С.

42. Способ по любому из п.п. 24-41, отличающийся тем, что температура материала во время облучения возрастает на от примерно 10 °С до примерно 250 °С.

43. Способ по любому из п.п. 24-41, отличающийся тем, что температура материала во время облучения возрастает на от примерно 10 °С до примерно 150 °С.

44. Способ по любому из п.п. 24-41, отличающийся тем, что температура материала во время облучения возрастает на от примерно 50 °С до примерно 150 °С.

45. Способ по любому из п.п. 24-41, отличающийся тем, что температура материала во время облучения возрастает на от примерно 75 °С до примерно 150 °С.

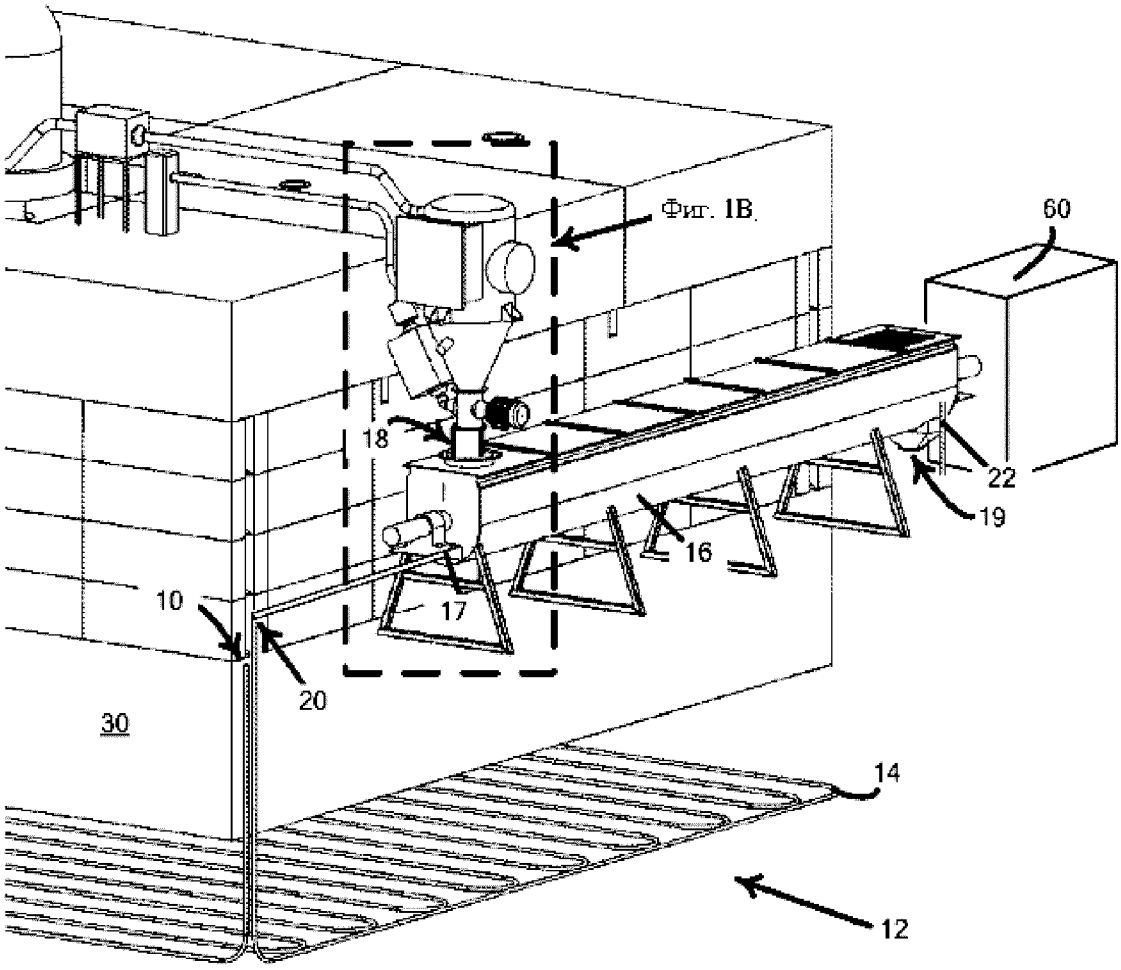
46. Способ по любому из п.п. 24-45, отличающийся тем, что материал содержит биомассу.

47. Способ по п. 46, отличающийся тем, что биомасса содержит лигноцеллюлозный материал.

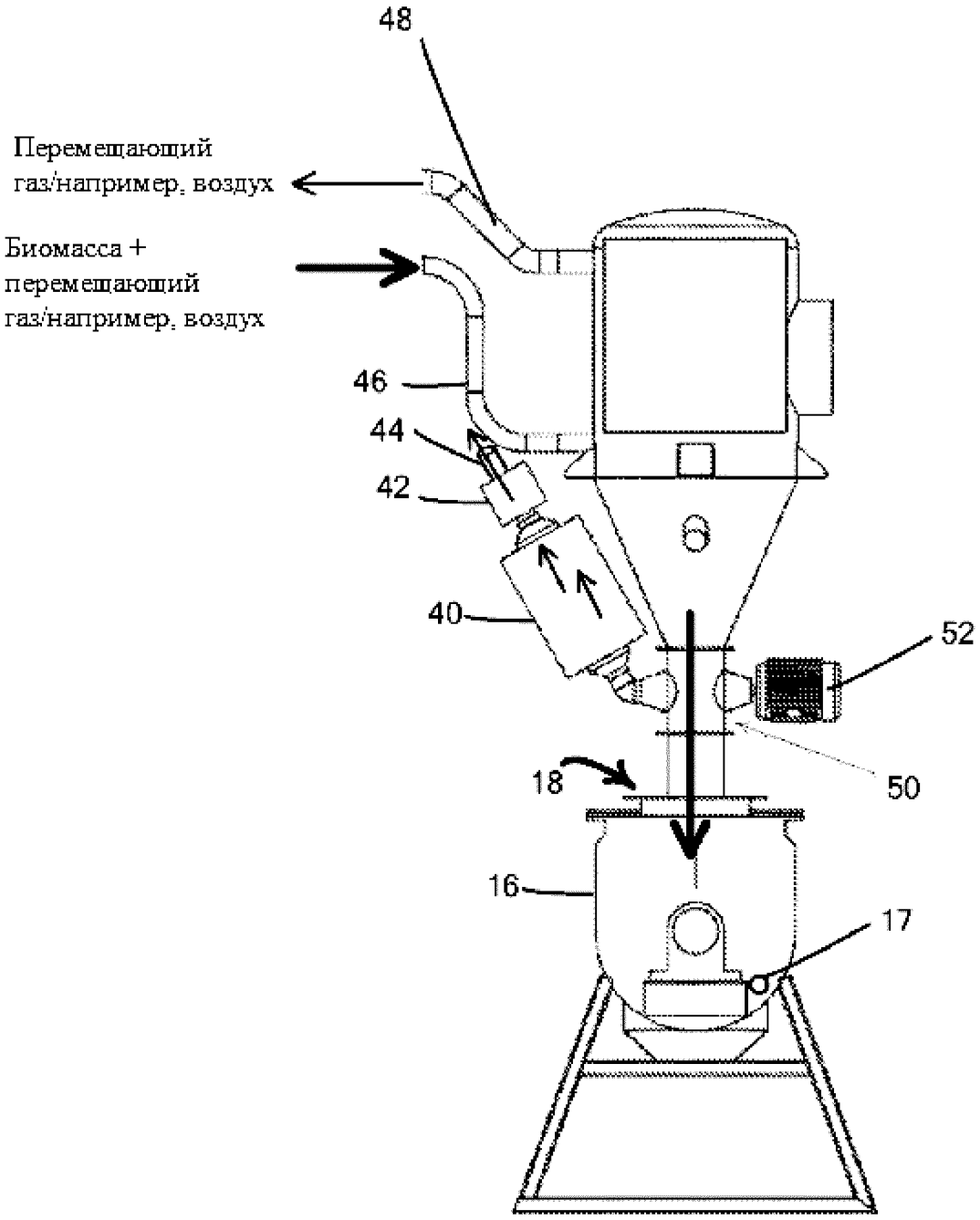
48. Способ по п. 46, отличающийся тем, что биомасса выбрана из группы, состоящей из древесины, прессованной древесины, опилок, сельскохозяйственных отходов, сточных вод, силоса, трав, рисовой шелухи, жмыха, хлопка, джута, конопли, льна, бамбука, сизаля, абаки, соломы, стержней кукурузных початков, кукурузной соломы, проса прутьевидного, люцерны, сена, кокосовых волосков, морских водорослей, водорослей и их смесей.

49. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что винтовой транспортер содержит два или более винтов.

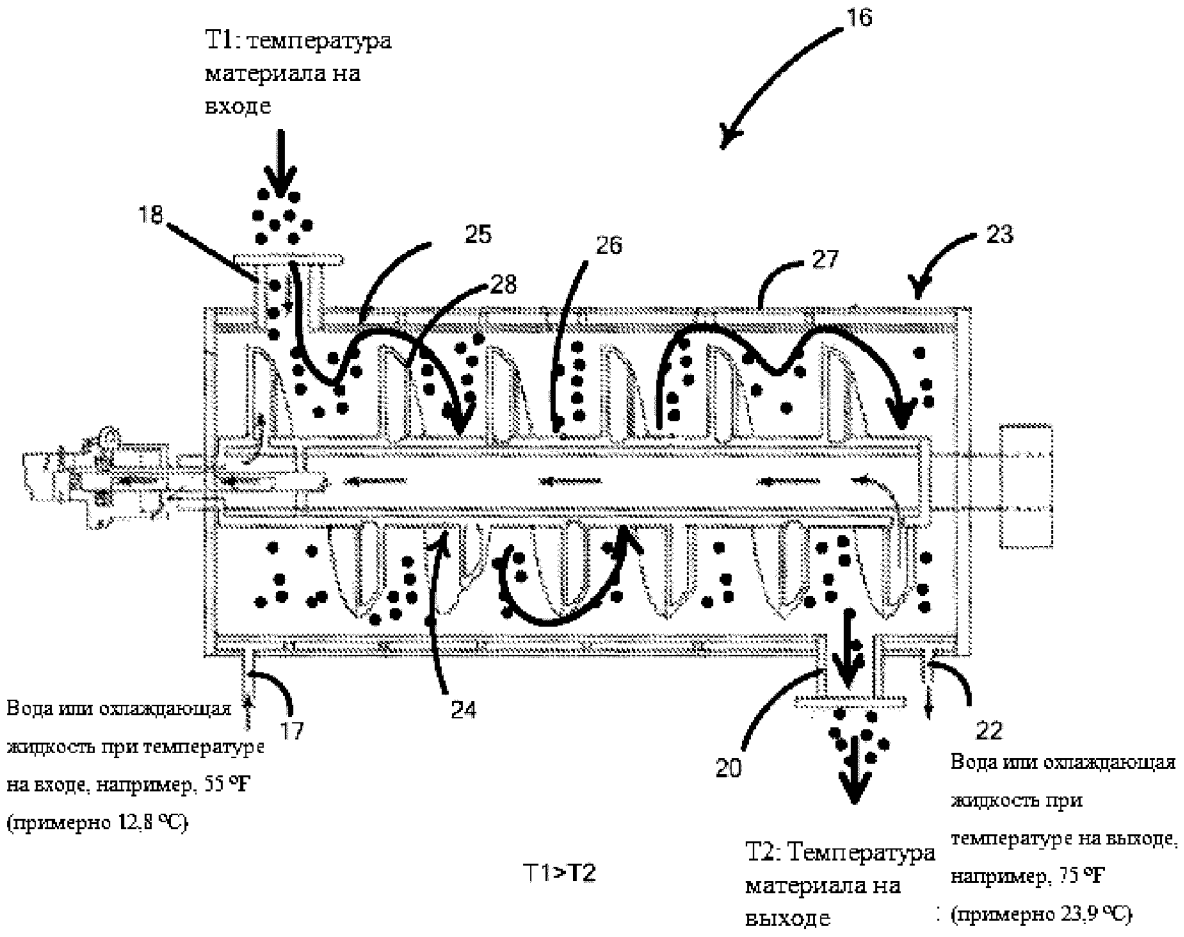
Фиг. 1A



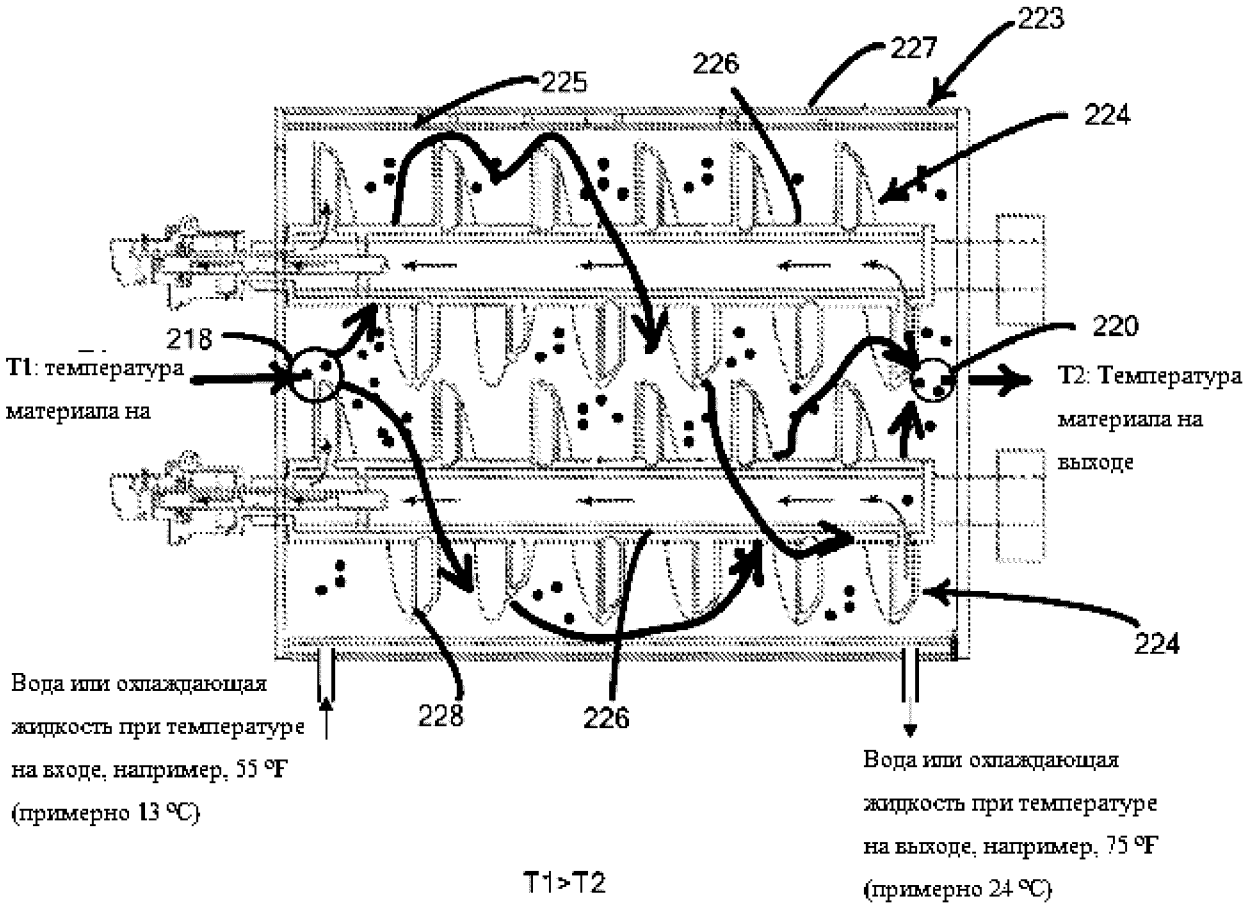
Фиг. 1B


48
Перемещающий
газ/например, воздух
Биомасса +
перемещающий
газ/например, воздух
46
44
42
40
52
50
18
16
17

Фиг. 2А


T1: температура материала на входе
16
18
25
26
28
27
23
Вода или охлаждающая жидкость при температуре на входе, например, 55 °F (примерно 12,8 °C)
17
24
20
22
T1>T2
T2: Температура материала на выходе
Вода или охлаждающая жидкость при температуре на выходе, например, 75 °F (примерно 23,9 °C)

Фиг. 2B


223
227
226
225
224
218
220
T1: температура материала на
T2: Температура материала на выходе
224
Вода или охлаждающая жидкость при температуре на входе, например, 55 °F (примерно 13 °C)
228
226
Вода или охлаждающая жидкость при температуре на выходе, например, 75 °F (примерно 24 °C)
T1>T2