

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **028776**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2017.12.29**

(51) Int. Cl. **C12P 7/06 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201290390**

(22) Дата подачи заявки  
**2011.01.07**

---

(54) **ОХЛАЖДЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ**

---

(31) **61/295,476**

(56) US-A1-20090314487  
WO-A2-2008011598  
US-A1-20040231342  
US-A1-20090117635  
US-A1-20090286295

(32) **2010.01.15**

(33) **US**

(43) **2013.04.30**

(86) **PCT/US2011/020583**

(87) **WO 2011/087965 2011.07.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**КСИЛЕКО, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:  
**Медофф Маршалл (US)**

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

---

(57) В настоящем изобретении предложены системы и способы для охлаждения и переработки материалов, используемые для изменения структуры и тем самым облегчения дальнейшей переработки материалов. Предложен способ превращения охлажденного материала биомассы в продукт с применением микроорганизма и/или фермента, причем по меньшей мере одно из охлаждения и превращения материала биомассы проводят с применением передвижного блока переработки. Также предложен способ, включающий обработку углеводородсодержащего материала путем охлаждения указанного материала и превращение охлажденного материала в продукт путем дополнительной переработки охлажденного углеводородсодержащего материала; причем обработку и/или превращение проводят с применением передвижного блока переработки. Достижимый технический результат заключается в устранении или, по меньшей мере, снижении необходимости транспортировки исходного материала, например биомассы, которая часто имеет низкую объемную плотность, на стационарное крупное производственное предприятие.

---

**028776 B1**

**028776 B1**

### Родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет на основании предварительной заявки на патент США № 61/295476, поданной 15 января 2010 г. Полное содержание указанной предварительной заявки включено в настоящую заявку посредством ссылки.

### Уровень техники

Биомасса, в частности отходы в виде биомассы, доступна в большом количестве. Было бы полезным получать из биомассы материалы и топлива, такие как этанол.

### Краткое описание изобретения

В способе, описанном в настоящей заявке, применяют охлаждение и переработку материалов, по отдельности или в комбинации с одним или более другими способами переработки, для изменения структуры и, тем самым, облегчения дальнейшей переработки материалов. Например, в случае биомассы охлаждение применяют для снижения устойчивости биомассы к разложению, что способствует переработке биомассы в продукт, такой как топливо. Одну или более стадий способов, описанных в настоящей заявке, можно осуществлять при перевозке, например, на поезде, корабле, барже, в автоцистерне и т.д., и/или две или более стадий способа можно проводить в различных местах. В некоторых вариантах реализации оборудование, которое применяют для проведения одной или более стадий способа, является передвижным, что, например, делает доступным перемещение оборудования для переработки из одного места производства в другое в зависимости от доступности сырья и/или других ресурсов. Например, способы могут включать одну или более передвижных систем переработки, описанных в заявке на патент США № 12/374549, полное описание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

За счет охлаждения биомассы можно повышать хрупкость различных компонентов биомассы или другого материала (например, гемицеллюлозы и/или лигнина и/или белков и/или пектина и/или минералов), тем самым значительно увеличивая эффективность способов переработки, применяемых для изменения материала. Путем повышения хрупкости материалов их можно разрушать (например, можно разрушать края волокон) или измельчать в результате различных стадий переработки. Разрушение может представлять собой, например, разрушение до микрочастиц.

Кроме того, охлаждение материала может приводить к другим эффектам, которые возникают в результате различной скорости расширения и/или сжатия различных компонентов материала. Например, некоторые компоненты (например, лигнин, содержащий воду) могут сжиматься или расширяться с более высокой скоростью или в различных количествах по сравнению с другими компонентами (например, гемицеллюлозой, целлюлозой), с которыми они связаны. В результате материал, подвергаемый переработке, может терять прочность, что ускоряет модификацию, изменение структуры и/или разделение (например, разделение фаз, расклеивание, расслаивание двух различных поверхностей, измельчение или разрушение, например, разрушение до микрочастиц) на различные компоненты. Указанные способы, которые можно осуществлять независимо от других способов переработки или совместно с другими способами переработки, также могут увеличивать выход продуктов, например, этанола или бутанола, получаемых из гемицеллюлозы или целлюлозы. Охлаждение снижает устойчивость материала к разложению, что способствует превращению целлюлозных компонентов материала в сахаросодержащий раствор (осахаривание целлюлозы ферментами). Авторы настоящего изобретения обнаружили, что разрушение материала может обеспечивать проникновение фермента в разрушенный участок, тем самым ускоряя осахаривание. Осахаренный материал может быть затем превращен в продукт, например, подвергнут ферментации с получением этанола и/или бутанола.

Если охлаждение применяют совместно с другими способами переработки, например, облучением и/или окислением, то для получения эквивалентных результатов указанные другие способы можно применять в меньшей степени. Например, если охлаждение применяют совместно с облучением, то можно применять меньшую дозу облучения для обеспечения аналогичного снижения устойчивости к разложению. Другие способы переработки могут включать, например, дробление, измельчение и/или одну или более стадий обработки облучением (например, путем воздействия заряженных частиц, таких как электроны и/или ионы).

Указанные другие способы переработки, в случае их применения, можно проводить до, во время или после охлаждения.

Как более подробно будет обсуждаться ниже, различные материалы можно применять для охлаждения, включая, например, жидкий азот, диоксид углерода и лед.

Способом, описанным в настоящей заявке, можно получить материал с пониженной объемной плотностью. Например, объемная плотность материала, получаемого при помощи способа, описанного в настоящей заявке, может составлять 0,8 г/см<sup>3</sup> или менее (например, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 или менее, например, 0,1 г/см<sup>3</sup>).

В настоящей заявке предложен способ, который включает превращение охлажденного материала биомассы в продукт, с применением микроорганизма и/или фермента, причем по меньшей мере одно из охлаждения и превращения материала биомассы проводят с применением передвижного блока переработки.

Некоторые варианты реализации включают один или более из следующих признаков. Материал

биомассы можно обрабатывать путем дробления или измельчения биомассы, например, до, во время или после охлаждения. Биомассу можно облучать, например, до, во время или после охлаждения. Измельчение можно проводить в устройстве для размельчения замораживанием или дробления замораживанием. Продукт может представлять собой, например, спирт, например, этанол и/или бутанол. Материал биомассы может представлять собой или содержать целлюлозный или лигноцеллюлозный материал.

В некоторых случаях, материал биомассы включает целлюлозу, а превращение охлажденного материала включает применение фермента для осахаривания целлюлозы. В указанных случаях способ может дополнительно включать ферментацию продукта осахаривания с получением спирта.

Если отсутствуют иные определения, все технические и научные термины, используемые в настоящем описании, имеют значение, общепринятое специалистами в области техники, к которой относится настоящее изобретение. Несмотря на то, что для реализации или тестирования настоящего изобретения можно применять способы и материалы, аналогичные или эквивалентные описанным в настоящей заявке, подходящие способы и материалы описаны ниже. Все публикации, заявки на патенты, патенты и другие ссылки, упомянутые в настоящем описании, включены в настоящую заявку по всей полноте посредством ссылок. В случае противоречий, преимущественным является значение, данное в настоящем описании, включая определения. Кроме того, материалы, способы и примеры являются исключительно иллюстративными, но не ограничивающими.

Настоящая заявка включает посредством ссылки полное содержание каждой из следующих заявок: заявки на патент США № 12/374549, 12/417699, 12/417707, 12/417720, 12/417723, 12/417731, 12/417786, 12/417840, 12/417880, 12/417900, 12/417904, 12/429045, 12/486436 и 12/502629 и предварительную заявку на патент США № 61/151695.

Другие признаки и преимущества станут очевидными из описания, чертежей и формулы изобретения.

#### **Описание чертежей**

На фиг. 1 представлена схема, на которой показана система переработки биомассы.

На фиг. 2 представлена схема, на которой показана система переработки биомассы.

На фиг. 3 представлена схема, на которой показан блок измельчения.

#### **Подробное описание**

В некоторых случаях, способ, описанный в настоящей заявке, применяют для превращения целлюлозного или лигноцеллюлозного сырья в подходящую и концентрированную форму, которую можно легко транспортировать и применять, например, на промышленном предприятии, например, на заводе, производящем этанол. В указанных случаях способ включает осахаривание сырья и транспортировку сырья из удаленного места, в котором, например, сырье производят или хранят, на производственное предприятие. В некоторых случаях осахаривание можно проводить частично или полностью во время транспортировки. Для ускорения осахаривания способ дополнительно включает снижение устойчивости сырья к разложению до или во время осахаривания путем охлаждения материала, как будет более подробно описано ниже.

В некоторых вариантах реализации охлаждение проводят в первом месте или во время перевозки (например, в вагоне или в грузовом автомобиле или на барже или на корабле), а осахаривание и/или другую дополнительную обработку (такую как ферментация) проводят в одном или более других мест. В некоторых случаях охлаждение материала проводят при перевозке вследствие низких температур окружающей среды, при которых материал транспортируют, например, при температурах окружающей среды ниже температуры замерзания материала.

В некоторых вариантах реализации оборудование, применяемое для охлаждения и/или для других дополнительных стадий переработки, является передвижным и транспортируется из одного места производства в другое, например, в зависимости от доступности сырья.

Некоторые из указанных систем позволяют устранить или по меньшей мере снизить необходимость транспортировки исходного материала, например, биомассы, которая часто имеет низкую объемную плотность, на стационарное крупное производственное предприятие. Также может быть снижена необходимость транспортировки целевого продукта, получаемого на передвижном оборудовании, на большое расстояние к конечному потребителю или на базу сбыта.

#### **Передвижная переработка**

Передвижное оборудование можно применять для проведения одной или более стадий способа, описанного в настоящей заявке. Транспортировка производственного оборудования или компонентов оборудования, но не исходного материала биомассы, является особенно подходящей и экономичной с учетом того, что большая часть сырья, применяемого для производства энергии (например, биоэтанол, бензин, водород, природный газ) или других целевых продуктов может быть доступна сезонно или доступна только периодически по иным причинам. Таким образом, необходимо, чтобы производственное оборудование находилось на месте в рабочем состоянии лишь в то время, когда сырье или другая биомасса доступна для переработки. После завершения переработки оборудование или конкретные компоненты оборудования можно перевозить на другой участок с доступным сырьем или другой биомассой для превращения сырья или биомассы в целевой продукт.

Оборудование или его компоненты можно транспортировать по воде, по воздуху, по земле или любой их комбинации. Например, производственное оборудование или его компоненты можно транспортировать на лодке, барже, корабле или другом водном судне. Указанное оборудование особенно подходит для получения этанола, бутанола или других продуктов из водной биомассы, такой как водоросли (например, *Sargassum*) или водные растения. Это оборудование также подходит для перевозки по водоемам в различные области, где биомасса подходит для получения целевого продукта (например, для перевозки по реке или океану и прибытие в область с подходящей для переработки биомассой). Передвижное оборудование или его компоненты также можно транспортировать по земле. Например, оборудование можно транспортировать на машине, грузовом автомобиле, тягаче с прицепом и в железнодорожном(ых) вагоне(ах). Также наземное средство передвижения с передвижным оборудованием можно перевозить в области, в которых биомасса подходит для получения целевого продукта. Наконец, оборудование можно транспортировать по воздуху. Оборудование можно транспортировать на самолете, вертолете и дирижабле. Транспортировка оборудования по воздуху позволяет применять биомассу, которая, как правило, находится очень далеко от применяемого производственного оборудования. Оборудование может находиться на самолете, или оборудование или компоненты можно сбрасывать с самолета или доставлять самолетом. Передвижное оборудование, как правило, имеет подходящий размер и выполнено с обеспечением простоты транспортировки оборудования и/или его индивидуальных компонентов. В случае наземного транспорта средства транспортировки, как правило, способны передвигаться по дорогам и трассам, предназначенным для автомобилей, грузовых автомобилей и тягачей с прицепами. В случае морского транспорта оборудование или компоненты, как правило, перевозят на лодке или на барже, которую приводит в движение лодка. В случае воздушного транспорта оборудование или его компоненты имеют размер, соответствующий размерам самолета (например, грузового самолета) или вертолета.

Передвижное оборудование или оборудование, состоящее из передвижных компонентов, может включать любые или все представленные ниже устройства, подходящие для получения целевого продукта (например, этанола или бутанола): оборудование для предварительной обработки биомассы (например, охлаждением и/или другим способом, таким как облучение), мельницы, варочные котлы, холодильные контейнеры, контейнеры для хранения, ферментаторы, аппараты для перегонки, колонки, контейнеры в трубопроводах и смесительные контейнеры. В конкретных вариантах реализации различные секции производственного оборудования эффективно связаны друг с другом таким образом, что потребитель может легко переносить материалы из одной стадии производственного процесса на другую стадию. Оборудование также может включать любые реагенты, необходимые для производственного процесса, включая дрожжи или другие микроорганизмы (включая микроорганизмы, созданные при помощи генной инженерии), ферменты (например, амилазу и целлюлазу), кислоты (например, серную кислоту, хлороводородную кислоту), основания (например, гидроксид натрия), химические реагенты, воду, соли, молекулярные сита и колонки. В конкретных вариантах реализации, когда получают этанол, оборудование включает денатурирующие средства, такие как бензин, или другие спирты для денатурации этанола. Оборудование может включать все необходимые устройства и реагенты, компактно хранящиеся в оборудовании, разработанные для простоты применения оборудования.

В конкретных вариантах реализации на оборудовании производят этанол, бутанол или другой источник энергии в количестве, достаточном для удовлетворения энергетических нужд фабрики, города, деревни и острова. В конкретных вариантах реализации на производственном оборудовании производят менее 5 миллионов галлонов (19 миллионов литров) этанола или бутанола в год. Оборудование также может включать любые устройства, разрешенные международным, федеральным законодательством, законодательством штата или местным законодательством, включая, например, системы безопасности для предотвращения разлива материалов, пожаров или других чрезвычайных ситуаций.

Производственное оборудование может состоять из различных подлежащих транспортировке компонентов. Оборудование может включать не подлежащие транспортировке компоненты. Компоненты предпочтительно выполнены с возможностью обеспечения простоты сборки рабочего оборудования на месте. Компоненты могут быть быстросборными. Компоненты могут быть взаимозаменяемыми и могут обеспечивать масштабирование оборудования. В конкретных случаях система компонентов обеспечивает простую сборку и разборку оборудования для упрощения перевозки. Различные компоненты оборудования можно доставлять на место при помощи комбинации транспортных средств (например, по воздуху, воде и земле). В конкретных вариантах реализации компоненты доставляют на место с конкретной инфраструктурой, которая может включать электричество, жилье, учреждения, канализацию, линии водо- и газоснабжения. Все или некоторые компоненты можно позднее разбирать и перемещать на новое место. В конкретных вариантах реализации конкретные компоненты и/или инфраструктуру можно оставлять на месте для возможного повторного применения.

В некоторых вариантах реализации предполагается, что оборудование или его компоненты необходимо транспортировать с места на место с подходящей биомассой. Оборудование может быть полностью независимым и требовать исключительно поставки биомассы, или оборудование может требовать поставки других материалов или ресурсов, таких как вода, электричество, природный газ, бензин и канализация. Например, этанол, бутанол или другой источник энергии, производимый на передвижном оборудовании.

довании, можно применять для зарядки генератора для поставки электричества на оборудование, или этанол, бутанол или другой источник энергии можно сжигать для подвода теплоты для разрушения биомассы в варочном котле или для проведения перегонки. Этанол, бутанол или другой источник энергии также можно применять для заправки транспортного средства, применяемого для транспортировки оборудования или его компонентов.

Оборудование может представлять собой оборудование для мелкомасштабного производства (например, производящее менее 5 миллионов галлонов (19 миллионов литров) или менее одного миллиона галлонов (менее 3,8 миллионов литров)). Это мелкомасштабное оборудование может включать модуль для охлаждения материала, или охлаждение можно проводить в другом месте или при перевозке. В конкретных вариантах реализации оборудование производит достаточное количество топлива для удовлетворения нужд фабрики, города, деревни и острова. В конкретных вариантах реализации оборудование производит менее 5 миллионов галлонов (19 миллионов литров) в год.

В некоторых случаях при проведении процесса применяют биомассу из небольшой области на мелкомасштабном и/или передвижном производственном оборудовании для производства целевого продукта на месте. Производимый на месте продукт (например, этанол, бутанол, бензин, природный газ, водород и углеводороды) затем предпочтительно применяют на месте, избегая затраты на транспортировку биомассы и конечного продукта. Предпочтительно в производственном процессе применяют местный источник воды. Другие реагенты, необходимые для процесса, могут быть доставлены с оборудованием или получены на месте. Отходы или побочные продукты производственного процесса, например, отходы после перегонки зерна, можно применять на месте в качестве высокопитательного корма для скота или в качестве удобрений.

Другие отходы или побочные продукты процесса, такие как биомолекулы, углеводы, белки и полимеры также можно расфасовывать, применять и/или продавать.

Помимо производственного оборудования, состоящего из передвижных компонентов, и мелкомасштабного оборудования применяют крупномасштабное оборудование (т.е. оборудование, которое производит 10-20 миллионов галлонов (38-76 миллионов литров) этанола в год). В некоторых случаях оборудование согласно настоящему изобретению может устранять необходимость применения крупномасштабного производственного оборудования на некоторых участках. Возможность транспортировки некоторых систем имеет особое значение с учетом циклической доступности урожая и другой биомассы в различных географических областях. Оборудование согласно настоящему изобретению также обеспечивает экономически целесообразное производство этанола и/или другого топлива из дешевой биомассы, что, например, делает этанол подходящей добавкой к топливу.

Более подробно передвижная переработка описана в заявке на патент США № 12/374/549, содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

#### Охлаждение

В способе, описанном в настоящей заявке, применяют способы охлаждения, например, способы криогенного охлаждения, например, для обеспечения отсутствия нежелательного термического разложения, например, целлюлозы или гемицеллюлозы, при переработке материала. Охлаждение также можно применять для модификации свойств материала и упрощения превращения материала за счет снижения устойчивости материала к разложению.

В частности, способы охлаждения, описанные в настоящей заявке, можно применять отдельно или в комбинации, для увеличения хрупкости материалов, что делает охлажденные материалы более поддающимися модификации при помощи одного или более способов переработки, такого как одна или более стадий переработки (например, дробление или измельчение) и/или одна или более стадий обработки облучением (например, воздействием заряженных частиц, таких как электроны и/или ионы). За счет увеличения хрупкости материала в результате охлаждения и увеличения эффективности, с которой материал после охлаждения можно перерабатывать, например, путем измельчения или разделения, можно снижать затраты на переработку (например, энергозатраты на переработку) и повышать выход предполагаемого продукта.

Более того, если многокомпонентный материал охлаждают, то его различные компоненты подвергаются сжатию и/или расширению с различными скоростями и/или в различных количествах. В конкретных вариантах реализации этот процесс может приводить к разрушению химических связей в материале. Например, указанное поведение при охлаждении может приводить к возникновению напряжения между связанными компонентами, что приводит к процессам, таким как расклеивание, разрушение, шелушение, диссоциация и разделение связанных компонентов. В результате эффективность разделения компонентов и выход различных продуктов, получаемых из материала, можно увеличивать или снижать или поддерживать на исходном уровне.

Охлаждение, отдельно или в комбинации с другими видами обработки, такими как облучение или окисление, можно применять для контроля функционализации волокнистого материала, т.е. функциональных групп, которые присутствуют на материале или внутри него. Функционализация материала может повышать растворимость и/или степень дисперсности и способствовать более легкому превращению материала под действием ферментов и/или микроорганизмов.

Температура, до которой охлаждают материал, зависит от ряда факторов, включая способы переработки, которые применяют для обработки материала, и природу материала. В некоторых вариантах реализации, например, материал охлаждают до температуры ниже температуры стеклования лигнина, которая составляет примерно от 100°C до 170°C, например, примерно от 120°C до 150°C, например, примерно 125°C.

Если лигнин охлаждают ниже его температуры стеклования, он превращается из мягкого деформируемого вещества в хрупкое стеклообразное вещество. Хрупкий стеклообразный лигнин легче поддается переработке при помощи различных процессов, включая процессы, описанные выше. Также в результате охлаждения лигнина ниже температуры стеклования можно изменять физическую структуру лигнина. Изменения структуры лигнина могут приводить к внутреннему напряжению материала, в котором лигнин связан с целлюлозой и/или гемицеллюлозой. Это внутреннее напряжение может приводить к расклеиванию и, таким образом, к отделению лигнина от целлюлозы и/или гемицеллюлозы. В некоторых вариантах реализации материал охлаждают ниже температуры, при которой материал становится хрупким ("температура хрупкости" материала). Температуру хрупкости конкретного материала можно измерять при помощи коммерчески доступного измерительного оборудования, например, Benz BPT2100 Brittlerpoint Tester, доступный в Benz Material Testing Instruments, Providence, Rhode Island.

В некоторых вариантах реализации материал можно охлаждать ниже температуры стеклования одного или более элемента или компонента материала, такого как гемицеллюлоза. Предположения, аналогичные обсуждаемым выше для лигнина, применимы также и для гемицеллюлозы. В частности, охлаждение гемицеллюлозы может сделать ее более хрупкой, что увеличивает эффективность последующих стадий переработки. Охлаждение также может приводить к внутреннему напряжению в структуре биомассы, которое может приводить к отделению гемицеллюлозы от других компонентов (например, целлюлозы) материала.

Материал можно охлаждать до температуры, составляющей 280К или менее (например, 260К или менее, 240К или менее, 220К или менее, 200К или менее, 150К или менее, 100К или менее, 80К или менее, 77К или менее, 70К или менее, 50К или менее). В конкретных вариантах реализации материал можно охлаждать до температуры жидкого азота (например, 77К) или менее. Охлаждение материала до температуры ниже температуры жидкого азота можно проводить с применением охлаждающих жидкостей с температурой кипения ниже температуры кипения жидкого азота (например, жидкого гелия).

Скорость, с которой охлаждают материал, можно контролировать, что способствует разделению компонентов материала. Например, при быстром охлаждении материала время перераспределения связанных компонентов биомассы может быть недостаточным для распределения с наименьшим энергетическим уровнем. Другими словами, охлажденный материал может находиться в энергетическом состоянии, которое не является энергетическим состоянием с минимумом энергии, и, таким образом, может быть нестабильным и более подверженным изменениям в дальнейших стадиях переработки. Например, скорость, с которой материал охлаждают, составляет 1К/с или более (например, 2К/с или более, 3К/с или более, 5К/с или более, 7,5К/с или более, 19К/с или более, 15К/с или более, 20К/с или более, 30К/с или более, 40К/с или более, 50К/с или более, 75К/с или более, 100К/с или более и еще больше).

Материал можно выдерживать при выбранной температуре и/или в выбранном температурном диапазоне во время обработки материала при помощи одного или более различного способа обработки, описанного в настоящей заявке. Материал можно выдерживать при температуре, составляющей 280К или менее (например, 260К или менее, 240К или менее, 220К или менее, 200К или менее, 150К или менее, 100К или менее, 80К или менее, 77К или менее, 70К или менее, 50К или менее). В конкретных вариантах реализации биомассы можно выдерживать при температуре жидкого азота (например, 77К) или менее.

В некоторых случаях охлаждение можно проводить при перевозке материала, например, на поезде, барже или корабле.

Более подробно обработка охлаждением описана в заявке на патент США № 12/502629, содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

#### Системы переработки

Примеры систем переработки для применения в способах, описанных в настоящей заявке, показаны на фиг. 1-3 и описаны ниже. В этих системах один или более компонент системы или система в целом могут быть передвижными. Более того, один или более компонент может быть расположен удаленно от одного или более другого компонента системы.

На фиг. 1 показан схема системы переработки биомассы 100. Система 100 включает блок хранения материала 102, первую подсистему переработки материала 104, канал охлаждения 106, вторую подсистему переработки материала 108, резервуар для переработанного материала 110 и блок подачи охлаждающей текучей среды 112. При работе материал, хранящийся в блоке хранения 102, транспортируют через канал 114 в первую подсистему переработки материала 104.

Подсистема 104 может включать ряд различных блоков переработки. Например, в некоторых вариантах реализации подсистема 104 может включать один или более блоков механической обработки (например, блоки дробления, блоки перемешивания, блоки размельчения, блоки растирания, блоки расклевывания, блоки резки). В конкретных вариантах реализации подсистема 104 может включать один или

более блок обработки облучением. Блоки обработки облучением могут включать источники заряженных частиц (например, источники пучков электронов и/или источники ионов), в которых материал подвергается воздействию заряженных частиц, что приводит к изменению материала. В некоторых вариантах реализации подсистема 104 может включать один или более блок обработки ультразвуком, в котором материал подвергают воздействию микроволновых волн, что приводит к изменению материала. В конкретных вариантах реализации подсистема 104 может включать один или более блок пиролиза и/или один или более блок химической обработки. В некоторых вариантах реализации подсистема 104 может включать один или более блок обработки паровым взрывом. В некоторых вариантах реализации подсистема 104 может включать одну или более комбинацию указанных блоков обработки.

В целом, подсистема 104 может включать любой один или более вышеуказанных блоков переработки, в любой комбинации. Подсистема 104, в целом, выполнена с возможностью обеспечения первоначальной стадии изменения материала и приготовления материала для дальнейших стадий переработки. В некоторых вариантах реализации подсистема 104 может вовсе отсутствовать, и материал можно перенести непосредственно из блока хранения 102 в канал охлаждения 106. На фиг. 2 показан вариант реализации системы переработки материала, которая содержит подсистему обработки 104. Различные компоненты на фиг. 2 обсуждались выше для фиг. 1, и их описания далее не будут повторяться.

Возвращаясь к фиг. 1, после переработки материала в подсистеме 104, например, путем разрезания, раскалывания, резки или измельчения, материал передают по каналу 116 в канал охлаждения 106. Из блока подачи охлаждающей текучей среды 112 подают охлаждающую текучую среду (например, жидкий азот и/или охлажденный газообразный азот и/или жидкий гелий и/или охлажденный газообразный гелий и/или жидкий аргон и/или охлажденный газообразный аргон и/или твердый CO<sub>2</sub> и/или жидкий CO<sub>2</sub> и/или жидкий воздух и/или охлажденный газообразный воздух) в канал охлаждения 106 через канал 120. Материал транспортируют через канал охлаждения 106 в направлении, показанном стрелкой 128. При движении материала через канал 106 (например, на устройстве для транспортировки, таком как конвейерная лента и/или шнековый транспортер) материал охлаждается за счет теплообмена с охлаждающей текучей средой, подаваемой из блока подачи охлаждающей текучей среды 112.

Когда материал достигает конца канала охлаждения 106, материал транспортируют через канал 118 во вторую подсистему переработки материала 108. В некоторых вариантах реализации из блока подачи охлаждающей текучей среды 112 подают охлаждающую текучую среду через канал 122 во вторую подсистему 108, как показано на фиг. 1. В целом, вторая подсистема переработки может включать один или более блок переработки, описанный для первой подсистемы переработки 104. Типичные блоки переработки включают один или более блок переработки, такой как блоки дробления, раскалывания или резки, блоки обработки облучением, блоки обработки ультразвуком, блоки обработки пиролизом, блоки обработки паровым взрывом и блоки химической обработки. Охлаждающую текучую среду можно применять повторно в канале охлаждения 106 путем транспортировки текучей среды через канал 124.

Переработанный материал после удаления из второй подсистемы переработки 108 транспортируют в резервуар для материала 110 через канал 126. После транспортировки в резервуар 110 материал можно подвергать дополнительным стадиям переработки, включая любую одну или более дополнительную стадию, описанную выше для подсистем переработки 104 и 108. В качестве альтернативы или в дополнение переработанный материал можно подвергать дополнительным стадиям переработки, включая один или более процесс с применением биологических агентов, таких как ферменты и/или микроорганизмы, такие как бактерии и/или дрожжи, и различные химические вещества, химические составы и растворы.

В некоторых вариантах реализации материал измельчают, например, мялят или дробят при охлаждении. Например, на фиг. 3 показан типичный вариант реализации блока размельчения 200, который может составлять часть любой или обеих подсистем переработки 104 и 108. Блок размельчения 200 включает канал 202, по которому транспортируют материал. Внутри канала расположены неподвижные ножи 204. Вращающиеся ножи 206 присоединены к расположенному в центре валу 208. При работе материал измельчается за счет резки ножами 204 и 206.

Можно заметить коммерчески доступное оборудование измельчения замораживанием, дробления замораживанием, крипомола и криодробления. В указанном оборудовании объединяют охлаждение материала и измельчение материала. Примеры коммерчески доступных устройств криодробления включают Freezer/Mill, доступный в SPEX CertiPrep, Metuchen, New Jersey, и устройства криогенного дробления, доступные в Pulva Corporation, Saxonburg, PA. Другие поставщики включают Air Products, Praxair и Air Liquide. В некоторых вариантах реализации оборудование может включать зону предварительного охлаждения, например, охлаждающий конвейер, такой как охлаждающий шнековый экструдер. В некоторых случаях жидкий азот распыляют на материал, охлаждаемый в зоне предварительного охлаждения. Дробление можно проводить, например, при помощи поршневого штифта или другого элемента. Например, устройство для дробления может представлять собой штифтовую дробилку. В целом, предпочтительно отслеживать и контролировать температуру материала во время подачи материала и дробления.

Дробление замораживанием можно объединять с облучением, в этом случае облучение можно проводить до, во время или после дробления замораживанием. В некоторых случаях дробление замораживанием может снижать количество облучения, которое необходимо для снижения устойчивости биомассы

к разложению или переработки углеводородсодержащего материала.

Другие стадии переработки

В целом, способы охлаждения, описанные в настоящей заявке, можно применять в широком ряде способов переработки различной биомассы и других материалов. Типичные способы, которые можно применять совместно со способами охлаждения, обсуждаемыми в настоящей заявке, описаны, например, в следующих заявках на патент: WO 2008/073186; и заявках на патент США № 12/417699, 12/417707, 12/417720, 12/417723, 12/417731, 12/417786, 12/417840, 12/417880, 12/417900, 12/417904, 12/429045 и 12/486436.

Описываемые способы охлаждения можно, в целом, применять до, во время и/или после любого применяемого способа переработки, описанного выше.

В некоторых вариантах реализации способы, в которых приметают облучение (например, пучками электронов и/или пучками ионов) для переработки материала могут обладать особыми преимуществами при применении, например, до, непосредственно после или одновременно, в комбинации с охлаждением материала. Например, в конкретных вариантах реализации материал можно сначала облучать (например, в подсистеме 104) до охлаждения. В качестве альтернативы, материал сначала можно охлаждать, а затем облучать (например, в подсистеме 108). Доза облучения может составлять, например, примерно от 0,1 до 200 Мрад, например, примерно от 10 до 100 Мрад или примерно от 30 до 90 Мрад. Облучение можно проводить в одну стадию облучения или несколько стадий облучения, а материал можно охлаждать между стадиями облучения, при желании. Указанное охлаждение описано в заявке на патент США № 12/417880.

Воздействие на материал конкретными типами и дозами облучения может повышать хрупкость материала. Материал можно охлаждать для снижения его температуры и дополнительного увеличения его хрупкости. Во время и/или после охлаждения материал можно обрабатывать (например, путем измельчения, дробления, резки и других подобных способов) для изменения материала при проведении дополнительных стадий переработки, которые приводят к получению полезных продуктов. В качестве альтернативы или в дополнение, воздействие облучения (например, воздействие пучка электронов и/или воздействие пучка ионов) на материал после охлаждения также можно применять для дополнительного изменения материала и/или увеличения хрупкости материала. Если воздействие облучения и охлаждение применяют для увеличения хрупкости материала, то выход продукта (например, этанола и/или других спиртов) может быть значительно увеличен, а количество энергии, требуемое для переработки материала, может быть снижено.

В конкретных вариантах реализации несколько стадий охлаждения и механической переработки или чередующиеся стадии охлаждения и нагревания, например, совместно с дополнительной механической или физической обработкой или без нее, можно применять для переработки материала, например, биомассы. Например, каждая последующая стадия может дополнительно снижать средний размер частиц биомассы до достижения желаемого размера частиц. Стадии охлаждения могут быть одинаковыми или различными (например, система может включать несколько аналогичных подсистем охлаждения). В некоторых вариантах реализации система может включать единственную подсистему охлаждения, через которую материал пропускают несколько раз. В качестве альтернативы, в конкретных вариантах реализации различные стадии охлаждения (например, стадии охлаждения, которые охлаждают биомассу до различных температур, например, до последовательно уменьшающихся температур) можно применять для переработки материала.

Аналогично, в конкретных вариантах реализации несколько стадии механической переработки можно применять для переработки биомассы или других материалов, таких как нефтепродукты. Материалы можно повторно пропускать через один блок переработки несколько раз, и/или система может включать несколько блоков механической переработки. Все блоки могут быть одинаковыми или некоторые блоки могут отличаться (например, структурно) друг от друга.

В целом, широкий ряд различных охлаждающих текучих сред можно применять для охлаждения материала. В вариантах реализации, обсуждаемых выше, жидкий и/или охлажденный газообразный азот применяли в качестве охлаждающей текучей среды.

Тем не менее, в некоторых вариантах реализации можно применять одну или более другую охлаждающую текучую среду, включая жидкий гелий, жидкий кислород, жидкий водород, жидкий воздух, другие подобные текучие среды и их комбинации. В конкретных вариантах реализации текучие среды могут представлять собой газы, а не жидкости, или могут содержать твердые вещества (например, лед, твердый CO<sub>2</sub>) в смеси с жидкостями или вместо них. Например, широкий ряд охлажденных газов (включая, охлажденные благородные газы, охлажденный газообразный азот, охлажденный газообразный кислород и охлажденный газообразный водород) можно применять вместо жидких охлаждающих текучих сред или совместно с ними.

В некоторых вариантах реализации в материалы можно добавлять твердые вещества, что способствует переработке материалов. Например, твердый CO<sub>2</sub> можно добавлять в материал, что способствует изменению материала в одном или более блоке переработки. Также можно применять другие твердые вещества, включая, например, лед. Твердое вещество также может представлять собой твердый элемент,

который впоследствии удаляют или выделяют из материала, например, один или более шарик, стержень или другой твердый элемент для размельчения.

Системы переработки, описанные в настоящей заявке, необязательно могут включать подсистему разделения, которая необходима для разделения различных компонентов материала после охлаждения и переработки. Например, если материал перерабатывают для диссоциации лигнина и целлюлозы и/или гемицеллюлозы, то система переработки может включать подсистему разделения, разработанную для удаления продиссоциировавшего лигнина. Различные способы, включая физические способы разделения, такие как декантация, центрифугирование, перегонка и экстракция, можно применять для отделения компонентов, например, лигнина, от других компонентов лигноцеллюлозного материала, или песка от углеводородов в нефтяных песках. Другие способы, которые можно приметать в подсистеме разделения, включают термохимическую обработку, химическую обработку и обработку облучением.

Системы переработки, описанные в настоящей заявке, могут включать одну или более секцию увлажнения для введения различных увлажнителей, в частности, воды и/или других жидкостей, таких как диметилсульфоксид, в материал. Например, после блоков механической переработки, таких как блок размельчения, показанный на фиг. 3, система переработки может включать распылитель, который добавляет воду и/или другие агенты в материал. Распылитель может создавать мелкодисперсный туман, который оседает на поверхности частиц материала. Если материал охлаждают во время или после применения тумана, то туман может замораживаться на поверхности частиц и обеспечивать адгезию. Температуру материала можно подвергать одному или более циклу нагревания-охлаждения для дополнительного набухания материала в приметаемом тумане. Также, в конкретных вариантах реализации изменения, например, быстрые изменения, температуры материала могут дополнительно изменять структуру материала.

В некоторых вариантах реализации можно применять несколько стадий увлажнения. На каждой стадии увлажнения в материал можно вводить один агент, или на различных стадиях можно вводить различные агенты. Выбор вводимых агентов зависит от таких факторов, как предполагаемое применение материала, физико-химические свойства материала и условия последующих стадий переработки материала.

Системы и способы для повышения влажности материалов до, во время или после обработки описаны, например, в заявке на патент США № 12/417880, содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

В некоторых вариантах реализации после переработки материалов при помощи способов, описанных в настоящей заявке, переработанные материалы можно подвергать взаимодействию с биологическими агентами, такими как ферменты, и/или с микроорганизмами, такими как дрожжи (например, *P. Stipitis*) и/или бактерии, для экстракции ряда полезных продуктов из переработанных материалов, включая продукты, такие как водород, спирты (например, этанол и/или бутанол), органические кислоты (например, уксусную кислоту), углеводороды, побочные продукты (например, белки) или любые их смеси. Подходящие биологические агенты и микроорганизмы для дополнительной переработки материалов описаны, например, в заявке на патент США № 12/429045, содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Например, как отмечено выше, в некоторых вариантах реализации способы, описанные в настоящей заявке, применяют для отделения и удаления лигнина из лигноцеллюлозного материала, после чего оставшиеся целлюлозные компоненты подвергают осахариванию, например, с применением фермента. Удаление лигнина снижает устойчивость материала к разложению, что обеспечивает превращение целлюлозы в сахара, которые затем можно ферментировать для получения спиртов.

#### Материалы

Примеры биомассы могут включать любую биомассу, которая представляет собой или содержит углеводы, состоящие полностью из одного или более сахаридных звеньев или включающие одно или более сахаридных звеньев, можно перерабатывать при помощи способа, описанного в настоящей заявке. Например, сырье или биомасса может представлять собой целлюлозные или лигноцеллюлозные материалы, такие как кукурузные зерна, рисовые зерна или другие пищевые продукты или материалы, которые представляют собой или включают один или более низкомолекулярных Сахаров, таких как сахароза или целлобиоза.

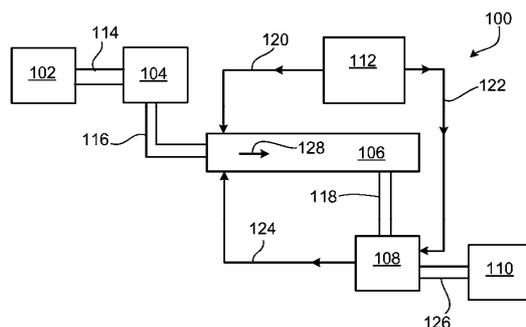
Например, указанное сырье или биомасса может включать бумагу, бумажные продукты, древесину, древесные материалы, древесностружечные плиты, траву, рисовую шелуху, багассу, хлопок, джут, пеньку, лен, бамбук, сизаль, абаку, солому, початки кукурузы, рисовую шелуху, кокосовое волокно, водоросли, морские водоросли, хлопок, синтетическую целлюлозу и любые их смеси.

Биомасса также включает источники целлюлозного волокна, включая бумагу и бумажные продукты (например, бумагу с полимерным покрытием и крафт-бумагу) и источники лигноцеллюлозного волокна, включая древесину и древесные материалы, например, древесностружечные плиты. Другие виды биомассы включают источники натурального волокна, например, траву, рисовую шелуху, багассу, хлопок, джут, пеньку, лен, бамбук, сизаль, абаку, солому, початки кукурузы, рисовую шелуху, кокосовое волокно; источники волокна с высоким содержанием а-целлюлозы, например, хлопок; источники синтетиче-

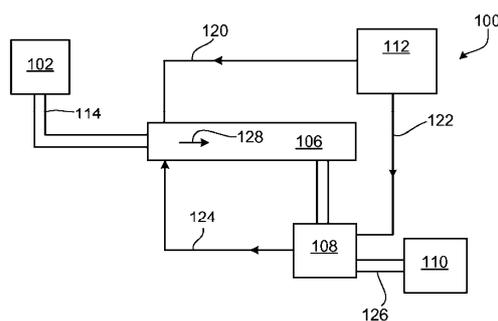
ских волокон, например, полученных экструзией волокон (ориентированных волокон или неориентированных волокон). Природные или синтетические источники можно получать из неиспользованных текстильных отходов, например, остатков материала, или могут представлять собой отходы после использования, например, ветошь. Если применяют бумажные продукты, то они могут представлять собой неиспользованные материалы, например, неиспользованные отходы, или отходы после использования. Помимо неиспользованного сырья бывшие в использовании, промышленные (например, отходы производства) и переработанные отходы (например, сточные воды после переработки бумаги) также можно применять. Также, источник волокна можно получать или производить из отходов жизнедеятельности человека (например, канализация), животного или растения. Дополнительные источники биомассы описаны в патентах США № 6448307, 6258876, 6207729, 5973035 и 5952105.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

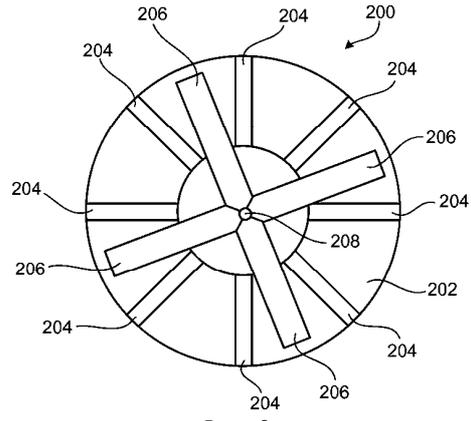
1. Способ получения осахаренного продукта, включающий
  - охлаждение материала биомассы, содержащего целлюлозный или лигноцеллюлозный материал, до температуры, составляющей 280К или менее,
  - дробление или измельчение указанного материала биомассы,
  - превращение указанного материала биомассы в продукт с применением микроорганизма и/или фермента,
 причем по меньшей мере одно из охлаждения и превращения материала биомассы проводят с применением передвижного блока переработки, который можно перевозить на корабле, барже, поезде или грузовом автомобиле,
  - и указанное охлаждение и/или превращение проводят при перевозке материала.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что дробление или измельчение проводят перед охлаждением материала биомассы.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что обработка дополнительно включает облучение материала биомассы.
4. Способ по п.1, отличающийся тем, что измельчение проводят в устройстве дробления замораживанием или измельчения замораживанием.
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что продукт содержит спирт.
6. Способ по п.5, отличающийся тем, что продукт содержит этанол и/или бутанол.
7. Способ по п.1, отличающийся тем, что материал биомассы содержит целлюлозу, а превращение охлажденного материала включает применение фермента для осахаривания целлюлозы.
8. Способ по п.7, отличающийся тем, что указанный способ дополнительно включает ферментацию продукта осахаривания с получением спирта.
9. Способ по п.1, отличающийся тем, что материал перевозят на корабле, барже, поезде или грузовом автомобиле.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3