

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202490230 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.04.12

(51) Int. Cl. C08J 11/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.08.23

(54) ОРГАНИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ, СПОСОБЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ ИЗ ГЕТЕРОГЕННЫХ ОТХОДОВ И ПРИМЕНЕНИЯ

(31) 285998

(32) 2021.08.31

(33) IL

(86) PCT/IL2022/050920

(87) WO 2023/031911 2023.03.09

(71) Заявитель:

Ю.БИ.КЬЮ МАТИРИАЛС ЛТД. (IL)

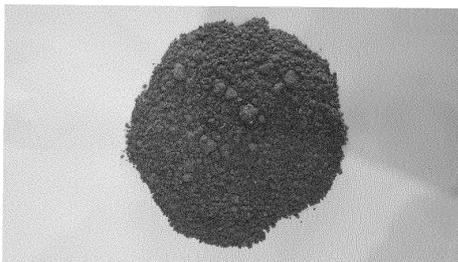
(72) Изобретатель:

Бигио Як (Тато), Фелюс Гиль, Сталь
Гад (IL)

(74) Представитель:

Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Дмитриев
А.В., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Настоящее изобретение относится к органическому композитному материалу (ОКМ), способу его получения и применения, причем ОКМ содержит смесь, содержащую по меньшей мере 90 мас.% гетерогенного органического вещества; при этом ОКМ характеризуется (i) углеродным следом менее около -10 кг CO₂-экв./кг, как определено в соответствии с ISO 14040: 2006; (ii) при компаундировании с полипропиленом - индексом текучести расплава (MFI 230°C/2,16 кг), составляющим более около 30 г/10 мин, как определено в соответствии со стандартом ISO1133-1:2011, и биоразлагаемостью. Кроме того, ОКМ характеризуется содержанием синтетического полимера от 0 до 3 мас.% и/или не поддающимся обнаружению количеством конкретных синтетических полимеров.



A1

202490230

202490230

A1

ОРГАНИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ, СПОСОБЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ ИЗ ГЕТЕРОГЕННЫХ ОТХОДОВ И ПРИМЕНЕНИЯ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящая технология относится к переработке отходов.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Ниже перечислены источники, которые считаются значимыми в качестве уровня техники для описанного в настоящем документе объекта изобретения:

- публикация международной заявки на патент № WO10082202;
- публикация международной заявки на патент № WO14193748;
- публикация европейской заявки на патент № EP0781806;
- публикация международной заявки на патент № WO9725368;
- патент США № US5973035;
- патент США № US2004080072;
- патент США № US2004043097;
- публикация международной заявки на патент № WO03084726;
- публикация международной заявки на патент № WO9411176.

Подтверждение вышеуказанных ссылок в настоящем документе не следует рассматривать как означающее, что они любым способом относятся к патентоспособности описанного в настоящем документе объекта изобретения.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В заявке WO10082202 описан композитный материал, обладающий термопластичными свойствами и содержащий органическое вещество и необязательно неорганическое вещество и/или полимерное вещество и обладающий уникальными характеристиками. Указанный композитный материал может быть получен из отходов, например из бытовых отходов. Для приготовления композитного материала отходы высушивают и измельчают. Затем высушенный и измельченный материал отходов

нагревают при перемешивании при сдвиговой нагрузке. Композитный материал обрабатывают для получения полезных изделий.

Публикация WO14193748 относится к биополимерным композициям, наноцеллюлозному материалу, нанокристаллическому целлюлозному материалу и/или нановолокнам, изготовленным из целлюлозного препарата, который получен из сточных вод, а также к способам и системам для получения таких биополимерных композиций, наноцеллюлозного материала, нанокристаллического целлюлозного материала и/или нановолокон.

В публикации EP0781806 описаны гранулы порошка целлюлозы и способ их изготовления, при котором высушенный порошок целлюлозы, полученный путем измельчения бумаги или древесины, пропитывают жидким огнестойким составом, а затем целлюлозный порошок высушивают с получением термостойкого целлюлозного порошка. Термостойкий целлюлозный порошок, смазывающее вещество и измельченную полиэтилентерефталатную смолу помещают в нагревающую замесочную машину и смесь замешивают под воздействием сжимающих сил и при нагревании с получением пастообразного материала. Пастообразный материал подают в двухшнековый экструдер, палочкообразную заготовку малого диаметра, выходящую из конца экструдера, разрезают на фрагменты, и фрагменты охлаждают для получения гранул порошка целлюлозы.

В публикации WO9725368 описана композиция, содержащая композит из технополимера и древесного волокна, который можно использовать в форме линейного экструдата или термопластичных гранул для изготовления конструктивных элементов. Конструктивные элементы из композита смола / древесное волокно могут быть изготовлены с использованием процесса экструзии или процесса литья под давлением. Изобретение также относится к экологичной переработке потоков отходов. Композит из смолы / древесного волокна может представлять собой преднамеренную переработку потока отходов, содержащего полимерные хлопья или частицы, или древесные волокна.

В публикации US5973035 описаны композиты из текстурированного целлюлозного или лигноцеллюлозного волокна и смолы, выбранной из полиэтилена, полипропилена, полистирола, поликарбоната, полибутилена, термопластичных сложных полиэфиров, простых полиэфиров, термопластичного полиуретана, ПВХ, а также способы формирования композитов.

В публикациях US2004080072 и US2004043097 описан процесс переработки твердых коммунальных отходов в композитный материал, при котором используется гидролизатор.

В WO03084726 описаны гранулы обработанных целлюлозных волокон с низким содержанием влаги, пригодные для производства армированных целлюлозным волокном полимерных продуктов и материалов, и процесс формирования таких гранул из целлюлозных волокон с низким содержанием влаги из прошедших влажную обработку исходных материалов отходов на основе целлюлозных волокон без использования экструдера. Гранулы целлюлозных волокон включают переработанные целлюлозные волокна и смеси различных пластиков и/или неорганические вещества, такие как минеральные вещества, глина и т. п.

В публикации WO9411176 описан способ получения композиции с ориентированным полимерным материалом и ориентированным материалом в виде частиц с использованием экструдера. Композиция содержит древесное волокно в количестве не более 80% по массе.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

В настоящем описании предложен композитный материал, содержащий гетерогенную смесь, содержащую по меньшей мере 90% масс. органического материала. Из-за высокого содержания органических веществ композитный материал в настоящем документе называют термином «*органический*» или «*органический композитный материал*» или «*ОКМ*». Органический композитный материал (ОКМ), описанный в настоящем документе, характеризуется по меньшей мере одним из следующего:

- ОКМ имеет углеродный след менее около -10 кг CO₂-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006,

- если ОКМ компаундируют с 70% масс. полипропилена (ПП) с получением ПП-ОКМ; полученный ПП-ОКМ имеет индекс текучести расплава (MFI 230 °C/2,16 кг) более около 30 г/10 мин, определенный в соответствии со стандартом ISO1133-1:2011; и

- если ОКМ компаундируют с 70% масс. полимолочной кислоты (ПМК) с получением ПМК-ОКМ, и если ПМК-ОКМ помещают в компост на по меньшей мере 80 дней, то ПМК-ОКМ демонстрирует разложение по меньшей мере 90% масс.;

и при этом ОКМ дополнительно характеризуется по меньшей мере одним из следующего:

- ОКМ содержит от 0% масс. до 3% масс. синтетических полимеров (т. е. содержание равно 3% или менее) от общей массы ОКМ, что определено в соответствии с ISO11358; и

- ОКМ не содержит поддающегося обнаружению количества по меньшей мере одного из поливинилхлорида (ПВХ), полистирола (ПС) и полиэтилентерефталата (ПЭТ), что определено в соответствии с ISO11358.

Кроме того, описанный в настоящем документе объект изобретения представляет собой способ получения ОКМ, включающий:

a. обеспечение входящего материала, содержащего смесь, включающую в себя гетерогенные органические отходы и гетерогенные неорганические отходы, причем гетерогенные органические отходы составляют по меньшей мере 90% по массе от общей массы входящего материала; и

b. воздействие на указанный входящий материал высокоскоростным перемешиванием при температуре до около 130 °С, скорости по меньшей мере около 2500 об/мин и в условиях вакуума с получением таким образом ОКМ;

где входящий материал характеризуется по меньшей мере одним из следующего:

- он содержит от 0% масс. до 3% масс. синтетических полимеров (т. е. 3% или менее) от общей массы ОКМ, что определено в соответствии с ISO11358; и

- не содержит поддающегося обнаружению количества по меньшей мере одного из поливинилхлорида (ПВХ), полистирола (ПС) и полиэтилентерефталата (ПЭТ), что определено в соответствии с ISO11358.

Кроме того, в настоящем описании предложено изделие промышленного производства, содержащее смесь по меньшей мере одного синтетического полимера и ОКМ, описанного в настоящем документе, причем указанное изделие промышленного производства имеет углеродный след, который меньше углеродного следа указанного по меньшей мере одного синтетического полимера.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Для лучшего понимания объекта изобретения, описанного в настоящем документе, и для иллюстрации возможностей его реализации на практике варианты осуществления описаны только в качестве примера, не имеющего ограничительного характера, со ссылкой на следующие прилагаемые графические материалы.

Фиг. 1 представляет собой изображение ОКМ, полученного в соответствии с некоторыми примерами настоящего описания.

Фиг. 2А–2С представляют собой изображения сформированных методом литья под давлением образцов ОКМ, полученных в условиях отрицательного давления (**Фиг. 2А**), образцов референсного композитного материала, полученного в тех же условиях, что и образцы ОКМ, но без применения отрицательного давления (**Фиг. 2В**), или образцов ОКМ, компаундированных при отрицательном давлении с 80% масс. полипропилена (**Фиг. 2С**).

Фиг. 3 представляет собой график, демонстрирующий суммарное биоразложение 4 различных образцов, причем образец 1 и образец 2 получены из ОКМ в соответствии с настоящим описанием без ОХО или с ним соответственно, а образец 3 и образец 4 содержат полимер полимолочной кислоты без ОХО или с ним соответственно.

Фиг. 4А–4Д представляют собой графики термогравиметрии (ТГ) в комбинации с дифференциальной сканирующей калориметрией (ДСК) (ТГ-ДСК), где на **Фиг. 4А–4В** представлены графики ДСК для композитного материала *со сниженным содержанием полимеров* (Q0,9) от 0 °С до 1500 °С при скорости 50 °С в минуту; **Фиг. 4С–4Д** представляют собой графики ДСК для ОКМ в соответствии с настоящим описанием, от 0 °С до 1500 °С со скоростью 50 °С в минуту.

Фиг. 5 представляет собой спектр ART-FTIR, демонстрирующий различие между ОКМ, описанным в настоящем документе, и композитным материалом *со сниженным содержанием полимеров* (Q0,9).

На **Фиг. 6** представлено уравнение для метода распада первого порядка (FOD), используемого для расчета предотвращения выбросов, включающее следующие параметры: поправочный коэффициент модели («10»), доля метана, захваченного на SWDS («20»), потенциальное влияние метана на глобальное потепление («30»), коэффициент окисления («40»), конверсия углерода в метан («50»), доля метана в SWDS («60»), доля разлагаемого органического углерода, который может распасться («70»), поправочный коэффициент для метана («80»), дифференцирующие временные горизонты («90»),

дифференцирующие типы отходов («100»), количество SW типа j, утилизация которого на SWDS была предотвращена («110»), доля разлагаемого органического углерода в типе отходов («120»), скорость распада по типам отходов («130»), рассматриваемый временной горизонт («140»).

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Получение пригодных для использования композитных материалов из гетерогенных отходов сопровождается множеством проблем. Тем не менее количество отходов, создаваемых каждый день по всему миру, требует воссоздания новых пригодных для использования материалов. Таким образом, органические отходы и, в частности, управление пищевыми отходами следует указывать как наиболее приоритетную цель для местных, региональных, национальных и международных правительств.

Настоящее описание основано на результатах разработки термопластичного композита на биологической основе (по существу не содержащего полимеров) из гетерогенных твердых бытовых природных отходов (HSNW), из которых удалены по существу все неприродные (синтетические) материалы. Было обнаружено, что описанный композитный материал на биологической основе обладает неожиданно низким углеродным следом и является биоразлагаемым, что будет дополнительно описано ниже.

В частности, в настоящем описании предложен по существу не содержащий синтетических веществ органический композитный материал, содержащий смесь, состоящую из гетерогенных органических отходов, которые составляют по меньшей мере 90% масс., иногда по меньшей мере 95% масс. или даже по меньшей мере 97% масс. от всего полученного композитного материала (указанный органический композитный материал иногда обозначается сокращением «органический», или «органический композитный материал», или, коротко, «ОКМ»); причем ОКМ характеризуется по меньшей мере одним из следующего:

- углеродный след менее около -10 кг CO₂-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006;
- если ОКМ компаундируют с 70% масс. полипропилена (ПП) с получением ПП-органического композитного материала, ПП-органический композитный материал имеет индекс текучести расплава (MFI 230 °C/2,16 кг) более около 30 г/10 мин.,

определенный в соответствии со стандартом ISO1133-1:2011, предпочтительно более около 40 мг/10 мин, предпочтительно более около 50 г/10 мин; и

- если ОКМ компаундируют с 70% масс. полимолочной кислоты (ПМК) с получением ОКМ-ПМК и ОКМ-ПМК помещают в компост по меньшей мере на 80 дней, то ОКМ-ПМК демонстрирует по меньшей мере 90% разложения;

причем ОКМ дополнительно характеризуется по меньшей мере одним из следующего:

- содержание синтетического полимера в диапазоне от 0% до 3% от общей массы ОКМ, т. е. до 3%;

- отсутствие поддающегося обнаружению количества (например, 0% по массе) по меньшей мере одного из поливинилхлорида (ПВХ), полистирола (ПС) и полиэтилентерефталата (ПЭТ) при определении с использованием анализа ТГ-ДСК, проведенном в соответствии со стандартом ISO11358 (потеря массы > 5%).

В контексте описанного в данном документе объекта изобретения, если речь идет о «*композитном материале*», его следует понимать как по существу равномерно распределенную в композите смесь (смесь подразумевает гомогенную и тщательно перемешанную массу) двух или более составляющих материалов, которые отличаются по химическим и/или физическим свойствам, и тем не менее объединяются вместе с получением материала, свойства которого отличаются от свойств образующих его отдельных материалов. В некоторых примерах композитный материал представляет собой смесь множества компонентов, все из которых по существу природного происхождения. Следует понимать, что в контексте настоящего описания смесь такова, что составляющие компоненты невозможно разделить без применения химических процедур, таких как плавление, выпаривание, сольватация и т. д., и/или компоненты образуют в совокупности сплошную массу. Компаундирование составляющих компонентов формирует сплошную массу.

Органический композитный материал, т. е. ОКМ, в контексте настоящего описания включает гетерогенное несинтетическое органическое вещество, т. е. включает множество несинтетических органических материалов, некоторые из которых могут быть идентифицированы как производные от гетерогенных отходов. ОКМ можно идентифицировать по содержанию в нем целлюлозы, и еще как правило, этот композитный материал содержит вещество животного происхождения (например, ДНК).

Органический композитный материал, описанный в настоящем документе, считается по существу *«не содержащим синтетических веществ»* композитным материалом, т. е. если присутствует синтетический полимер (пластик), он присутствует в количестве, равном или меньшем 3% масс., или даже меньшем 2% масс., или даже меньшем 1% масс., или даже меньшем 0,5% масс., или даже в количестве, которое невозможно обнаружить, например, анализом ТГ-ДСК, проведенным в соответствии со стандартом ISO11358 (потеря массы > 5%). Таким образом, в контексте настоящего описания термин *«не содержащий синтетических веществ»* обозначает не более 3% масс. синтетических или полусинтетических углеродсодержащих полимеров, именуемых в настоящем документе термином *«синтетические пластики»*.

В некоторых примерах термин *«не содержащий синтетических веществ»* означает, что композитный материал содержит не более 2,9% масс. синтетических пластиков, иногда не более 2,5% масс. синтетических пластиков; иногда не более 2% масс. синтетических пластиков; иногда не более 1,5% масс. синтетических пластиков; иногда не более 1% масс. синтетических пластиков; иногда не более 0,5% масс. синтетических пластиков; иногда не более 0,1% масс. синтетических пластиков; иногда не более 0,01% масс. синтетических пластиков; иногда не более 0% масс. синтетических пластиков или без поддающегося обнаружению количества синтетических пластиков по данным анализа ТГ-ДСК, проведенного в соответствии со стандартом ISO11358 (потеря массы > 5%).

В некоторых примерах органический композитный материал содержит количество синтетических полимеров, которое составляет от 0% масс. до 5% масс. от общей массы композитного материала. Иногда количество синтетических полимеров составляет от 0% масс. до 4% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0% масс. до 3% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0% масс. до 2% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0% масс. до 1% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0% масс. до 0,5% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0% масс. до 0,1% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0,01% масс. до 3% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0,1% масс. до 3% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0,1% масс. до 3% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0,1% масс. до 2% масс.; иногда количество синтетических полимеров составляет от 0,1% масс. до 1% масс.

Количество синтетических полимеров (пластика) определяется с помощью анализа ТГ-ДСК в соответствии со стандартом ISO11358.

В некоторых примерах ОКМ, описанный в настоящем документе, по существу не содержит синтетических пластиков. В контексте настоящего описания термин «*по существу не содержит*» должен означать, что ОКМ также может включать незначительные следовые количества синтетических полимеров. В этом контексте «следовые количества» означают не более 1% масс. синтетических полимеров; иногда не более 0,5% масс. синтетических полимеров; иногда не более 0,1% масс. синтетических полимеров, иногда отсутствие поддающегося обнаружению количества синтетических полимеров, причем все перечисленные количества определяют согласно стандарту ISO11358.

В некоторых примерах ОКМ не содержит синтетических полимеров, а именно не содержит поддающихся обнаружению количеств синтетических пластиков при исследовании с использованием описанных в настоящем документе условий анализа ТГ-ДСК в соответствии со стандартом ISO11358.

В контексте настоящего описания термины «*синтетические полимеры*» или «*синтетические пластики*» следует понимать как охватывающие по меньшей мере пластики, обычно присутствующие в бытовых и/или промышленных отходах, а также любые другие синтетические пластики, известные в данной области. В некоторых примерах синтетические пластики включают в себя множество пластиков.

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более полиолефинов. Упоминание полиолефинов включает, без ограничений, любой из следующих: полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), полипропилен (ПП) и полиэтилен (ПЭ).

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более полиакрилонитрилов.

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более полибутadiens.

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более поликарбонатов.

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более полиамидов (ПА).

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более сополимеров этилена и винилового спирта (EVOH).

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более полиуретанов (ПУ).

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более полиэтилентерефталатов (ПЭТ).

В некоторых примерах синтетические полимеры включают один или более терморектопластов, например вулканизированный каучук, вулканизированные термопластичные полимеры (TPV) и/или полиуретаны (ПУ).

Таким образом, в некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере один полиолефин с по меньшей мере одним другим пластиком (неполиолефином), таким как указанные выше, причем каждая из возможных комбинаций полиолефина (-ов) и неполиолефина (-ов) составляет свой пример в соответствии с настоящим описанием.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит ПЭВП.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит ПЭНП.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит ПЭ.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит ПП.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит полиакрилонитрилов.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит полибутадиенов.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит поликарбонатов.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит полиамидов.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит сополимеров этилена и винилового спирта.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит полиуретана.

В некоторых примерах ОКМ по существу не содержит полиэтилентерефталат (ПЭТ).

В некоторых примерах ОКМ содержит любое одно из следующего или их комбинацию: растительные отходы, отходы продуктов растительного происхождения и остатки животных.

В некоторых примерах ОКМ содержит гетерогенную смесь материалов на основе целлюлозы. Сюда относится любая комбинация лигноцеллюлозной, целлюлозной, лигниновой и/или гемицеллюлозной биомассы. Далее термин «целлюлоза» относится в совокупности к любому одному из следующего или их комбинации: лигноцеллюлоза, целлюлоза, лигнин и гемицеллюлоза.

Как отмечено выше, ОКМ характеризуется углеродным следом менее около -10 кг CO_2 -экв./кг, определенным в соответствии с методом оценки жизненного цикла (LCA) стандарта ISO14040: 2006.

В контексте настоящего описания термин «углеродный след» используется для обозначения количества диоксида углерода (CO_2) или эквивалента CO_2 , выбрасываемого из композитного материала.

В соответствии с настоящим описанием при определении углеродного следа используют средство UN Clean Development Mechanism (CDM) Methodology Tool 4 (V. 8.0, подробную информацию о котором можно найти на сайте <https://cdm.unfccc.int/Reference/tools/index.html>) и объединенную методологию альтернативных процессов переработки отходов (ACM0022, подробную информацию о которой можно найти на сайте <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/YINQ0 W7 SUYOO2 S6 GU8 E5 DYVP2 ZC2 N3>). Примечательно, что механизм CDM можно применять на всех рынках, включая Европейский союз, Великобританию, США и Израиль.

Инструмент Tool 4 касается выбросов из мест утилизации твердых отходов (SWDS). Предполагается, что исходным сценарием (в отсутствие применения установки для переработки/утилизации отходов) является утилизация твердых коммунальных отходов (MSW) на частично контролируемых полигонах. На полигонах для захоронения создаются анаэробные условия, в которых органические отходы в процессе разложения образуют метан. Очевидно, что метан представляет собой очень сильный парниковый газ (GHG) с потенциалом влияния на глобальное потепление (GWP) в 86 раз выше, чем у диоксида углерода (CO_2) при рассмотрении на периоде 20 лет (GWP_{20}), или в 34 раза выше в течение 100-летнего временного горизонта (GWP_{100}) (см. в этой связи также https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf, стр. 714, таблица 8.7). Композитный материал, описанный в настоящем документе, обеспечивает решение для насущной потребности путем удаления органических отходов, в том числе с

полигонов для захоронения, и превращения их в продукт, что предотвращает образование метана.

В соответствии с настоящим описанием определение предотвращенных выбросов может проводиться методом распада первого порядка (FOD), который включает следующие параметры:

- доля метана в газе SWDS;
- доля метана, захваченного на SWDS;
- количество метана, окисленного средствами SWDS;
- поправочный коэффициент для метана;
- поправочный коэффициент модели для учета неопределенностей модели;
- количество каждого типа обработанных отходов;
- доля разлагаемого органического углерода (DOC);
- скорость распада для каждого типа отходов.

Уравнение FOD представлено на Фиг. 6.

Центральные значения, используемые для параметров FOD, показаны в таблицах 1А и 1В.

Таблица 1А. Допущения для параметров модели

Параметр	Описание	Цен- траль- ное значе- ние
φ	Поправочный коэффициент модели для учета неопределенностей модели	1,00
f	Доля метана, захваченного на SWDS	0,00
OX	Коэффициент окисления	0,00
F	Доля метана в газе SWDS	0,55
DOC_f	Доля разлагаемого органического углерода (DOC), которая может разложиться на полигоне через 100 лет	0,68*
MCF	Поправочный коэффициент для метана	0,9

* Для расчета использовали средневесовое значение показателя DOC_f, специфичного для компонента MSW в исходном сценарии

Таблица 1В. Заданные по умолчанию значения согласно указаниям IPCC 2006 для разлагаемого органического углерода (DOC) и скорости распада (k) по каждому типу отходов

	Компоненты MSW					
	Пищевые отходы	Пластик	Картон	Бумага	Подгузники	Садовые отходы
DOC_j (%) в сухих отходах*	45%	0%	44%	44%	30%	55%
Скорость распада (k)**	10%	0%	6%	6%	10%	8%

* Значения DOC_j были подобраны на основании значений по умолчанию для различных типов отходов, представленных в указаниях IPCC 2006 г. для национальных реестров парниковых газов

** Значения представляют собой значения по умолчанию, взятые из указаний IPCC 2006 г. для национальных реестров парниковых газов

Применительно к определению углеродного следа, следует учитывать следующие определения терминов:

Анаэробное разложение — разложение в отсутствие кислорода. Органические отходы производят CO₂, если разлагаются в присутствии кислорода, а в анаэробных условиях образуется более сильный парниковый газ метан (<https://www.epaa.gov/lmop/basic-information-out-landfill-gas>).

Исходный сценарий — ситуация, которая может возникнуть в отсутствие предлагаемого проекта или деятельности (т. е. «ведение дел как обычно», https://cdm.unfccc.int/Reference/Guidclarif/glos_CDM.pdf).

Углекислый газ (CO₂) — наиболее распространенный парниковый газ (GHG) на земле. Углекислый газ встречается в природе, но также высвобождается при многих видах деятельности человека, включая транспортировку, генерацию энергии и промышленные процессы. Измеряется в частях на миллион (ч/млн) (<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#carbon-dioxide>).

Эквивалент диоксида углерода (CO₂-экв.) — мера, используемая, чтобы выразить потенциал глобального потепления (GWP) других GHG, а также углеродный след процессов, видов деятельности или продуктов в единицах CO₂ (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Carbon_dioxide_equivalent).

Углеродный след — оценка жизненного цикла (LCA), ориентированная исключительно на категорию влияния на изменение климата с целью измерения углеродных выбросов, вызванных в течение срока жизни продукта, или деятельностью организации (соответствующий стандарт — ISO 14067, (<https://www.iso.org/standard/71206.html>)).

С отрицательным уровнем выбросов углерода — продукт, процесс или организация с отрицательным уровнем выбросов углерода должны улавливать или предотвращать больше углеродных выбросов, чем генерируют. Как дополнительно описано ниже, композитный материал, описанный в настоящем документе, является продуктом с отрицательным уровнем выбросов углерода (т. е. он «климатически положительный») (<https://www.vox.com/the-goods/2020/3/5/21155020/companies-carbon-neutral-climate-positive>).

Климатически положительные — климатически положительный продукт, процесс или организация должны улавливать или предотвращать больше углеродных выбросов, чем генерируют. Как подробно описано в настоящем документе, композитный материал, описанный в настоящем документе, является климатически положительным (т. е. продуктом «с отрицательным уровнем выбросов углерода»).

Механизм экологически чистого развития (CDM) — методология, определенная в Киотском протоколе, для осуществления проектов, которые снижают выбросы GHG и генерируют единицы сертифицированного сокращения выбросов (CER), которые можно продавать в схемах торговли выбросами (<https://cdm.unfccc.int/>). Как описано выше и ниже, эта методология CDM может использоваться и была использована для расчета предотвращенных выбросов при LCA композитного материала, описанного в настоящем документе.

Производственный цикл — LCA «от лотка до ворот» учитывает выбросы углерода от стадии добычи, затем в ходе производства и до тех пор, пока продукт не покинет производителя или ворота завода. Сюда входит транспортировка на завод, но не клиенту (<https://circularecology.com/glossary-of-terms-and-definitions.html#.X-Ir1C-ZPOQ>).

Окончание жизненного цикла (EOL) — обозначает стадию утилизации в жизненном цикле продукта. Распространенные варианты EOL включают в себя захоронение на полигоне, химическую и механическую переработку, компостирование и сжигание (<https://www.wur.nl/en/article/Waste-stage-end-of-life-options-1.htm>).

Парниковый газ (GHG) — газ, который способен удерживать тепло путем предотвращения выхода излучения из атмосферы Земли, создавая парниковый эффект. Диоксид углерода (CO₂), метан (CH₄) и водяной пар являются наиболее важными GHG, а также, в меньшей степени, приземный озон, оксиды азота и фторсодержащие газы (<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>).

Потенциал глобального потепления (GWP) — способность GHG захватывать излучение и вызывать потепление. GWP всех GHG основан на потенциале CO₂ и выражается в виде CO₂ CO₂-экв. Поскольку различные газы имеют разные сроки жизни, GWP газа зависит от проанализированного периода времени. Газ с коротким сроком жизни относительно CO₂ будет иметь больший GWP при более коротком временном горизонте, поскольку эффект начинает уменьшаться после разрушения газа в атмосфере (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf).

GWP₂₀ — GWP за 20-летний период времени, в течение которого метан в 86 раз сильнее, чем CO₂ (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf).

GWP₁₀₀ — GWP за 100-летний период времени, в течение которого метан в 34 раза сильнее, чем CO₂ (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf).

Киотский протокол — соглашение, принятое в 1997 г. и вступившее в силу в 2005 г., которое установило обязывающие целевые показатели снижения выбросов. Созданы гибкие рыночные механизмы, такие как CDM, основанные на торговле разрешениями на выбросы.

Оценка жизненного цикла (LCA) — количественный анализ влияния на окружающую среду продукта, процесса или организации. Категории влияний (например, выбросы углерода или использование воды) и границы системы (например, «от лотка до ворот») могут меняться в зависимости от цели оценки, но они должны быть явным образом определены. Соответствующие стандарты ISO — 14040 и 14044 (<https://pre-sustainability.com/legacy/download/Life-Cycle-Based-Sustainability-Standards-Guidelines.pdf>).

Граница системы — описывает пределы, в которых виды деятельности, связанные с продуктом, процессом или организацией, учитываются в ЛСА. Границы могут учитывать стадии производства, географические зоны и временные промежутки (https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=ECOIL_Life_Cycle.pdf).

Таким образом, согласно вышеизложенному углеродный след ОКМ был определен в соответствии с инструментом UN Clean Development Mechanism (CDM) Methodology Tool 4 (V. 8.0) и ACM0022.

В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -11 кг CO₂-экв./кг.

В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -12 кг CO₂-экв./кг. В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -13 кг CO₂-экв./кг.

В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -14 кг CO₂-экв./кг.

В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -15 кг CO₂-экв./кг.

В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -16 кг CO₂-экв./кг.

В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -17 кг CO₂-экв./кг.

В некоторых примерах было определено, что ОКМ имеет углеродный след, не превышающий -18 кг CO₂-экв./кг.

Иногда ОКМ характеризуют по свойствам после компаундирования с первичным пластиком (VP). В контексте настоящего описания термин «компаундирование» и в приведенном выше обсуждении должен означать тщательное смешивание ОКМ и дополнительного компонента, например VP, с образованием компаундированного материала, например «VP-ОКМ».

В некоторых примерах тщательное смешивание включает нагревание (до температуры, при которой по меньшей мере часть смеси плавится) и приложение к смеси

сдвиговой нагрузки. В некоторых примерах тщательное смешивание включает экструзию смеси или литье под давлением.

В некоторых примерах компаундированный VP-ОКМ содержит не более 90% масс. ОКМ; иногда не более 80% масс. ОКМ; иногда не более 70% масс. ОКМ; иногда не более 60% масс. ОКМ; иногда не более 50% масс. ОКМ; иногда не более 40% масс. ОКМ; иногда не более 30% масс. ОКМ; иногда не более 20% масс. ОКМ.

В некоторых примерах компаундированный VP-ОКМ содержит по меньшей мере 1% масс. ОКМ; иногда по меньшей мере 10% масс. ОКМ; иногда по меньшей мере 20% масс. ОКМ; иногда по меньшей мере 30% масс. ОКМ; иногда по меньшей мере 40% масс. ОКМ; иногда по меньшей мере 50% масс. ОКМ; иногда по меньшей мере 60% масс. ОКМ; иногда по меньшей мере 70% масс. ОКМ.

В некоторых примерах компаундированный VP-ОКМ содержит ОКМ в любом диапазоне от 10% масс. до 90% масс.; иногда от 20% масс. до 80% масс.; иногда от 30% масс. до 70% масс.; иногда от 40% масс. до 60% масс.; иногда от 55% масс. до 65% масс.; причем любой такой диапазон составляет независимый пример настоящего изобретения.

При сочетании с первичным полимером, таким как полипропилен (ПП) или полимолочная кислота (ПМК), ОКМ значительно уменьшает углеродный след первичного полимера до величины ниже углеродного следа первичных пластиков в отсутствие ОКМ. Это очевидно из не имеющих ограничительного характера примеров, представленных в таблицах 3–4, где демонстрируется углеродный след ОКМ. Кроме того, в таблицах 3–4 показано, что когда ОКМ смешивали с 70% синтетического полимера, такого как ПП или ПМК, углеродный след этих двух полимеров уменьшался с 2,8 кг CO₂-эquiv./кг до -3,7 кг CO₂-эquiv./кг и с 3,8 кг CO₂-эquiv./кг до -3,1 кг CO₂-эquiv./кг соответственно.

ОКМ, описанный в настоящем документе, также характеризуется индексом текучести расплава (MFI, также известным как показатель текучести расплава (MFR)). В контексте настоящего описания его следует понимать как меру текучести ОКМ (в виде расплава), и этот индекс определяется как масса ОКМ в граммах, протекающего за 10 минут через фильеру, имеющую определенные стандартом ISO1133 размеры и в дополнительных определенных стандартом ISO1133 условиях. Этот стандарт определяет измерение скорости потока расплава и объемной скорости потока расплава MVR композитного материала.

В некоторых примерах текучесть (т. е. MFI) ОКМ определяют при его компаундировании с полипропиленом (70% масс., в настоящем документе именуется как ПП-ОКМ).

MFI (при 230 °C/2,16 кг) для ПП-ОКМ составляет более чем около 30 г/10 мин, что определено в соответствии со стандартом ISO1133-1:2011.

В некоторых примерах ПП-ОКМ имеет MFI по меньшей мере около 35 г/10 мин; иногда по меньшей мере около 40 г/10 мин; иногда по меньшей мере около 45 г/10 мин; иногда по меньшей мере около 50 г/10 мин; иногда по меньшей мере около 55 г/10 мин.

Неожиданно было обнаружено, что ОКМ лишь минимально снижает MFI первичного пластика, с которым его компаундируют. Таким образом, возможность использования в изделиях промышленного производства меньшего количества первичных пластиков обеспечивает экологические преимущества и одновременно не создает каких-либо производственных проблем.

С учетом вышеизложенного и в соответствии с некоторыми примерами настоящего описания изменение MFI первичного пластика (VP) после компаундирования с ОКМ составляет не более 10% (в настоящем документе — «сходный MFI»).

MFI ОКМ обеспечивает его термопластичное поведение. Другими словами, ОКМ имеет термопластичные свойства.

ОКМ также характеризуется биоразлагаемостью. Следует понимать, что биоразлагаемый материал представляет собой материал, который может разлагаться бактериями с получением натуральных побочных продуктов, таких как газы (CO₂, N₂), вода, биомасса и неорганические соли. Неожиданно было обнаружено, что при компаундировании с синтетическим биоразлагаемым полимером полимолочной кислотой (ПМК) в соотношении ОКМ/ПМК 30:70 или с полимолочной кислотой и ОХО (ускоритель биоразложения) (30 : 69 : 1) полученный компаундированный материал (VP-ОКМ) имел свойства биоразлагаемости, сходные со свойствами целлюлозы, включая средний накопленный CO₂ (см. таблицу 5 ниже). Эти данные позволяют использовать меньше синтетических полимеров (в комбинации с ОКМ, описанным в настоящем документе) в упаковочной промышленности и в других областях, где существует потребность в биоразлагаемых полимерах. Другие варианты применения могут включать в себя строительство и конструктивные элементы, продукты для логистики и т. д.

В некоторых примерах материал ОКМ:ПМК (30 : 70) характеризуется процентом биоразложения по меньшей мере 90% через 80 дней при испытании в соответствии со стандартом UNE-EN13432-2001. В некоторых примерах материал ОКМ:ПМК (30 : 70) характеризуется процентом биоразложения по меньшей мере 95%.

В некоторых примерах ОКМ характеризуется содержанием нуклеотидов или полинуклеотидов, например содержанием ДНК. Было обнаружено, что ОКМ содержит относительно высокое количество ДНК, например, по сравнению с другими переработанными бытовыми отходами. Относительно высокое количество ДНК можно рассматривать в некоторых примерах в качестве характерного признака ОКМ, описанного в настоящем документе. Присутствие и количество ДНК или РНК в ОКМ можно идентифицировать и определить с помощью методов экстракции ДНК 2% раствором хлороформ : изоамиловый спирт (24 : 1) (СТАВ), как описано ниже в настоящем документе.

В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 0,1 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 0,5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 0,5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 1 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 1,5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 2 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 2,5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 3 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 3,5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 4 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 4,5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 5,5 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 6 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 7 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 8 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 9 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 10 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 11 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 12 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 13 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 14 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 15 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 16 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 17 мг/г ДНК. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 18 мг/г ДНК.

ОКМ также может характеризоваться содержанием в нем целлюлозы. Содержание целлюлозы можно определить методом ТГ-ДСК, реализуемым в соответствии со стандартом ISO11358 (потеря веса $> 5\%$) в условиях, описанных ниже. Таким образом, в контексте настоящего описания, если речь идет о содержании целлюлозы, следует понимать, что его определяют по меньшей мере в соответствии с ISO11358.

В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 80% целлюлозо-содержащего материала, что определено в условиях проведения ТГ-ДСК, установленных в ISO11358. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 82% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 84% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 86% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 87% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 88% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 89% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 90% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 91% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 92% целлюлозо-содержащего материала. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 93% целлюлозо-содержащего материала.

Композитный материал также может характеризоваться содержанием жирных кислот, определяемым методом ГХ-МС.

В некоторых примерах ОКМ, описанный в настоящем документе, характеризуется соотношением октановая кислота/олеиновая кислота менее 0,5. В некоторых примерах соотношение октановая кислота/олеиновая кислота составляет менее 0,4; иногда менее 0,3; иногда менее 0,2.

В некоторых примерах ОКМ, описанный в настоящем документе, характеризуется соотношением нонановая кислота/олеиновая кислота (как определено методом ГХ-МС) менее 1,3. В некоторых примерах соотношение нонановая кислота/олеиновая кислота составляет менее 1,1; иногда менее 1,0; иногда менее 0,9; иногда менее 0,8; иногда менее 0,7; иногда менее 0,6.

В соответствии с некоторыми примерами ОКМ также характеризуется содержанием неорганических веществ.

В некоторых примерах содержание неорганических веществ относится к высокому содержанию калия в ОКМ. Например, по сравнению с содержанием калия в композитном материале согласно публикации WO10082202 (см. таблицу 9 в качестве неограничивающего примера), считается, что последний имеет втрое большее содержание (т. е. ОКМ содержит 3-кратное количество калия).

Калий является основным осмолитом растительных клеток, и поэтому его высокий уровень в ОКМ в соответствии с некоторыми примерами можно считать характерным признаком происхождения от природного вещества. В связи с этим отмечается, что синтетические полимеры или даже содержащие древесину пластики не имеют такого высокого уровня калия, поскольку древесные волокна подвергаются интенсивным промывкам водой, в ходе которых калий из них удаляется.

Таким образом, ОКМ может характеризоваться содержанием калия в общем количестве композита, что определяют атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной плазмой (ИСП/АЭС).

В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 6 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 7 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 8 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 9 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 10 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 11 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 12 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 13 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 14 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 15 мг/г калия. В некоторых примерах ОКМ содержит по меньшей мере 16 мг/г калия.

ОКМ может характеризоваться массовой процентной долей неорганического вещества. Неорганическое вещество присутствует в количестве до около 15% масс./масс., что определено с помощью ТГ-ДСК в условиях, установленных стандартом ISO11358.

В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 14% масс. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 13%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 12%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 11%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 10%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 9%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет

менее около 8%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 7%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 6%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 5%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 4%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 3%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 2%. В некоторых примерах содержание неорганического вещества составляет менее около 1%.

Следует понимать, что в настоящем документе термин «*менее*» также включает в себя количество 0% масс., т. е. диапазон от 0% масс., т. е. не поддающееся обнаружению количество массы, что определено с помощью заданного способа измерения.

В некоторых примерах количество неорганического вещества может находиться в пределах любого диапазона между вышеуказанными нижним и верхним пределами. Например, неорганическое вещество может присутствовать в любом диапазоне в пределах от около 0% до 15%, например от около 1% до 15%, или от около 5% до 10%, или от около 1% до 8%; или от 0% до 6%; или от 1% до 5%, или от 2% до 6%. и т. д.

В некоторых примерах термин «неорганический материал в композитном материале» относится к материалу, который обычно присутствует в коммунальных, бытовых и/или промышленных отходах. Сюда относятся, без ограничений, песок, камни, стекло, керамические и другие минеральные вещества, а также металлы (черные и/или цветные металлы), включая, например, алюминий, железо, медь.

Неожиданно было обнаружено, что помимо низкого общего количества неорганических веществ (отличных от калия), уникально низким было также содержание алюминия, менее 0,5 мг/г ОКМ.

В некоторых примерах неорганическое вещество в ОКМ включает в себя силикаты (Si) в значительно и неожиданно низком количестве по сравнению с их содержанием в других обработанных отходах, например композитном материале по WO10082202 (в настоящем документе именуется «*несортированным*» композитным материалом).

В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 1,5 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 1,5 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 1,4 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 1,4 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 1,3 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 1,3 мг/г). В некоторых примерах

ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 1,2 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 1,2 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 1,1 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 1,1 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 1,0 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 1,0 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 0,9 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 0,9 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 0,8 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 0,8 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 0,7 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 0,7 мг/г). В некоторых примерах ОКМ содержит кремнезем (Si) в количестве менее 0,6 мг/г (т. е. от 0 мг/г до 0,6 мг/г).

ОКМ, описанный в настоящем документе, также можно охарактеризовать по общему экстрагированному углероду с использованием в качестве экстрагирующего растворителя диметилового эфира (DME). Было обнаружено, что 20 г образца ОКМ имеет содержание углерода по меньшей мере около 1 г (5% масс.); иногда по меньшей мере 1,1 г (5,5% масс.); иногда по меньшей мере 1,2 г (6% масс.); иногда по меньшей мере 1,3 г (6,5% масс.); иногда по меньшей мере 1,4 г (7% масс.).

В некоторых примерах ОКМ, описанный в данном документе, имеет температуру начала потери массы на кривой термогравиметрического анализа (ТГА) менее 180 °С.

ОКМ, описанный в настоящем документе, также имеет уникальные физические свойства, если его образец, компаундированный с первичным синтетическим полимером, например с 70% масс. полипропилена (ПП), и VP-ОКМ (или ПП-ОКМ в конкретном примере) подвергают литью под давлением.

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется модулем упругости при растяжении (в соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 1000 МПа; иногда по меньшей мере 1100 МПа; иногда по меньшей мере 1200 МПа. В некоторых примерах модуль упругости при растяжении находится в диапазоне от 1000 МПа до 1400 МПа.

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется пределом текучести при растяжении (в соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 12 МПа; иногда по меньшей мере 13 МПа. В некоторых примерах предел текучести при растяжении находится в диапазоне от 13 МПа до 15 МПа.

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется относительным удлинением при пределе текучести (в

соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 2,2%; иногда по меньшей мере 2,3%; иногда по меньшей мере 2,4%; иногда по меньшей мере 2,5%; иногда по меньшей мере 2,6%; иногда по меньшей мере 2,7%; иногда по меньшей мере 2,8%. В некоторых примерах относительное удлинение при пределе текучести находится в диапазоне от 2,2% до 2,85%.

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется относительным удлинением при разрыве (в соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 3,2%; иногда по меньшей мере 3,3%; иногда по меньшей мере 3,4%; иногда по меньшей мере 3,5%; иногда по меньшей мере 3,6%; иногда по меньшей мере 3,7%. В некоторых примерах относительное удлинение при разрыве находится в диапазоне от 3,2% до 4,0%.

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется ударной вязкостью по Изоду с надрезом (в соответствии с ISO-180) по меньшей мере 2,8 кДж/м²; иногда по меньшей мере 2,9 кДж/м²; иногда по меньшей мере 3,0 кДж/м²; иногда по меньшей мере 3,1 кДж/м². В некоторых примерах ударная вязкость по Изоду с надрезом находится в диапазоне от 2,8 кДж/м² до 4,7 кДж/м².

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется модулем упругости при изгибе (в соответствии с ISO-178) по меньшей мере 1000 МПа; иногда по меньшей мере 1100 МПа; иногда по меньшей мере 1200 МПа. В некоторых примерах модуль упругости при изгибе находится в диапазоне от 1000 МПа до 1250 МПа.

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется напряжением при изгибе (в соответствии с ISO-178) по меньшей мере 20 МПа; иногда по меньшей мере 21 МПа; иногда по меньшей мере 22 МПа; иногда по меньшей мере 23 МПа; иногда по меньшей мере 24 МПа. В некоторых примерах напряжение при изгибе находится в диапазоне от 20 МПа до 28 МПа, от 22 МПа до 26 МПа.

В некоторых примерах образец ПП-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется плотностью (в соответствии с ISO-1183) около 0,98 ($\pm 0,1$).

Уникальные физические свойства также были продемонстрированы, когда образец ОКМ, описанный в настоящем документе, подвергали литью под давлением вместе с 50% масс. полимолочной кислоты (ПМК) с образованием образца компаундированного ПМК-ОКМ, полученного методом литья под давлением (50% : 50%). Эти уникальные

свойства предполагают (без накладываемых ограничений), что ОКМ может быть полезен для компостируемой упаковки, что дополнительно обсуждается ниже.

В некоторых примерах образец ПМК-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется модулем упругости при растяжении (в соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 2000 МПа; иногда по меньшей мере 2100 МПа; иногда по меньшей мере 2200 МПа.

В некоторых примерах образец ПМК-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется пределом текучести при растяжении (также именуемым «пределом текучести») (в соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 11 МПа; иногда по меньшей мере 12 МПа.

В некоторых примерах образец ПМК-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется удлинением при разрыве (также именуется «относительным удлинением при разрыве») (в соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 2,8%; иногда по меньшей мере 2,9%.

В некоторых примерах образец ПМК-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется ударной вязкостью по Изоду с надрезом (в соответствии с ASTM D256) по меньшей мере 15 Дж/м²; иногда по меньшей мере 16 Дж/м²; иногда по меньшей мере 17 Дж/м²; иногда по меньшей мере 18 Дж/м²; иногда по меньшей мере 19 Дж/м².

В некоторых примерах образец ПМК-ОКМ, полученный методом литья под давлением, характеризуется ударной вязкостью по Изоду без надреза (в соответствии с ASTM D256) по меньшей мере 65 Дж/м²; иногда по меньшей мере 66 Дж/м²; иногда по меньшей мере 67 Дж/м²; иногда по меньшей мере 68 Дж/м²; иногда по меньшей мере 69 Дж/м².

Вышеуказанные физические свойства ОКМ с ПМК (ПМК-ОКМ) подтверждают предположение о том, что различные комбинации этих двух материалов можно применять для компостируемых (биоразлагаемых) пленок, таких как упаковка и сельскохозяйственные мульчирующие пленки.

В данном документе также раскрыт способ получения ОКМ, описанного в настоящем документе. Одно из препятствий, с которыми столкнулись авторы настоящего изобретения при попытке обработать входящий материал для ОКМ, заключается в отсутствии текучести материала в экструдере. Без ограничений настоящим документом,

было сделано заключение о том, что отсутствие минимального количества синтетических пластиков, таких как полиолефины, обычно присутствующих в материале отходов, препятствует экструдированию ОКМ в традиционных экструдерах.

При поиске альтернативы экструдерам также было обнаружено, что недостаточно подвергать входящий материал, содержащий по меньшей мере 90% органических гетерогенных отходов, смешиванию и нагреванию, даже если органический входящий материал отходов подвергать сдвиговым нагрузкам. Был сделан вывод, что требуются дополнительные условия (помимо смешивания при сдвиговых нагрузках и нагревании).

Таким образом, в соответствии с другим аспектом в настоящем описании также предложен способ получения ОКМ, описанного и/или раскрытого в настоящем документе, причем способ включает в себя:

а. обеспечение входящего материала, содержащего смесь по меньшей мере 90% масс. гетерогенных органических отходов; и

б. воздействие на входящий материал высокоскоростным перемешиванием при температуре до около 130 °С, скорости по меньшей мере около 2500 об/мин и в условиях вакуума с получением таким образом ОКМ;

причем выполняется по меньшей мере один из следующих критериев:

входящий материал содержит от 0% масс. до 3% масс. синтетических полимеров при измерении относительно общей массы входящего материала или получаемого ОКМ; и

композитный материал не содержит поддающегося обнаружению количества по меньшей мере одного из поливинилхлорида (ПВХ), полистирола (ПС) и полиэтилентерефталата (ПЭТ), что определено в соответствии с ISO11.

В некоторых примерах высокоскоростное смешивание проводят при температуре по меньшей мере 80 °С; иногда по меньшей мере 90 °С; иногда по меньшей мере 100 °С.

В некоторых примерах высокоскоростное смешивание осуществляют при любой температуре или любом диапазоне температур от около 80 °С до около 130 °С.

В контексте настоящего описания термин «*входящий материал*» следует понимать как относящийся к веществу отходов, который содержит по меньшей мере 90% гетерогенного органического вещества, т. е. по меньшей мере 90% не содержащего синтетических материалов гетерогенного органического вещества, а количество синтетических полимеров, если они присутствуют, соответствует определению выше в

отношении содержания пластика в ОКМ (например, менее 3% масс./масс. синтетических полимеров).

Входящий материал получают из необработанных гетерогенных отходов. В контексте настоящего описания под *«необработанными гетерогенными отходами»* следует понимать материал, содержащий комбинацию смеси множества различных синтетических полимерных веществ, множества различных непластиковых органических веществ, включая по меньшей мере целлюлозу и множество различных неорганических веществ. Таким образом, в контексте настоящего описания термин «гетерогенный» следует понимать как обозначающий смесь множества разнообразных/различных компонентов.

В некоторых примерах необработанные гетерогенные отходы можно получить из коммунальных, промышленных и/или бытовых отходов, и этим термином именуют такой неотсортированный гетерогенный материал отходов, т. е. без проведения какого-либо существенного промышленного процесса сортировки.

В некоторых примерах материал необработанных неоднородных отходов подвергают процессу предварительной сортировки, в котором удаляют крупные нежелательные элементы отходов. Например, необработанные отходы могут быть предварительно отсортированы для удаления любого из металлов, стекла и крупных минеральных веществ. Предварительную сортировку можно проводить вручную, например путем транспортировки необработанных отходов на конвейерной ленте и определения нежелательных крупных элементов отходов.

Кроме того, или в альтернативном варианте, предварительная сортировка включает в себя разделение с использованием магнитных сил (разделение на основе магнита), как правило, для разделения и удаления черных металлов, магнитного материала и/или ферромагнитного материала.

Кроме того, или в альтернативном варианте, предварительная сортировка включает в себя разделение с использованием вихретокового сепаратора, как правило, для удаления цветных металлов.

Необработанные отходы, которые прошли процесс (-ы) предварительной сортировки, все еще содержат множество гетерогенных полимерных веществ, неполимерных органических веществ и неорганических веществ. Эти отсортированные отходы называют отходами, не содержащими металла.

Затем не содержащие металл гетерогенные отходы могут быть подвергнуты нескольким стадиям сушки и сортировки для получения органического входящего материала (т. е. материала, содержащего по меньшей мере 90% органического вещества и содержащего от 0% до 3% пластиков).

В контексте настоящего описания упоминание сушки следует понимать как удаление части воды из гетерогенного материала отходов. Сушку не следует рассматривать как удаление всей воды из отходов. В некоторых примерах неочищенные отходы содержат от около 30% до 40% масс./масс. воды, и сушка включает в себя удаление по меньшей мере 50% содержания воды; иногда по меньшей мере 60% содержания воды; иногда по меньшей мере 70% содержания воды; иногда по меньшей мере 80% содержания воды; иногда по меньшей мере 90% содержания воды; иногда по меньшей мере 95% содержания воды. Затем полученный материал отходов можно рассматривать как *высушенный материал отходов*. Высушенный материал отходов, как правило, содержит менее 10% масс. воды (влаги).

В некоторых примерах высушенный материал отходов и, следовательно, входящий материал содержит менее 10% масс. воды; иногда менее 9% масс. воды; иногда менее 8% масс. воды; иногда менее 7% масс. воды; иногда менее 6% масс. воды; иногда менее 5% масс. воды; иногда менее 4% масс. воды; иногда менее 3% масс. воды; иногда менее 2% масс. воды.

Без привязки к какой-либо теории считается, что остаточная вода участвует в происходящем химическом процессе, который преобразует высушенный/обезвоженный материал отходов в композитный материал согласно настоящему описанию.

Таким образом, в некоторых примерах содержание воды во входящем материале составляет по меньшей мере 1% масс.; иногда по меньшей мере 2% масс.; иногда по меньшей мере 3% масс. В некоторых примерах входящий материал содержит любое количество воды в диапазоне от 1% до 10% массы входящего материала.

Сушка может быть достигнута любыми способами, известными в данной области.

В некоторых примерах сушка достигается путем размещения гетерогенных отходов на открытом воздухе и создания условий для их сушки. В некоторых других примерах сушка достигается путем помещения отходов в поток сухого воздуха и/или в печь и/или путем вытеснения жидкости.

В процессе сушки удаляют воду и иногда некоторые летучие жидкости. Это может включать в себя жидкости, имеющие давление пара по меньшей мере 15 мм рт. ст. при 20 °С, например этанол.

В некоторых примерах сушка достигается путем процесса биосушки с использованием бактерий, изначально присутствующих в отходах. С этой целью материал отходов, как правило, помещают в среду с регулируемой температурой. В некоторых примерах биосушку осуществляют при температуре, поддерживаемой на уровне около 70 °С.

В некоторых примерах бактерии добавляют к гетерогенному материалу отходов (например, к материалу предварительно отсортированных отходов), чтобы вызвать или усилить процесс биосушки.

В некоторых примерах *обезвоженные* отходы затем подвергают уменьшению размеров с получением частиц материала отходов.

В контексте настоящего описания термин «*измельчение*» или «*преобразование в частицы*» следует понимать как любой процесс, который включает в себя уменьшение размера материала отходов. Преобразование в частицы / уменьшение размеров может происходить посредством любого одного или комбинации следующих способов: гранулирования, дробления, колки, нарезки, резки, раздавливания, разрушения, помола и т. д.

В некоторых примерах уменьшение размеров включает в себя дробление отходов (высушенных или невысушенных, но предпочтительно высушенных) на частицы среднего размера менее 40 мм, иногда менее 30 мм; иногда менее 20 мм; иногда менее 10 мм.

Следует отметить, что из-за трения внутри измельчителя уменьшение размеров может приводить к дополнительному снижению влажности (например, дополнительно на 2–3%).

В некоторых примерах обработка материала отходов включает две или более стадий сушки. В некоторых примерах первая стадия сушки происходит после удаления металла, а вторая стадия сушки происходит после уменьшения размера отходов.

В некоторых примерах отходы в виде частиц затем подвергают процессу очистки, в ходе которого удаляют оставшиеся частицы металла и/или минеральных веществ («примеси», которые не были удалены до стадии уменьшения размера) (оставшиеся после первого процесса удаления металла).

В некоторых примерах остатки примесей удаляют путем помещения вещества в виде частиц в систему воздушного сепаратора, в которой тяжелые частицы (например, металлические частицы и/или минеральные вещества) удаляют под действием силы тяжести, тогда как легкую фракцию отходов («легкая фракция») собирают и/или передают на следующую стадию процесса.

Полученная легкая фракция будет содержать по большей части малое количество металла и минеральных веществ. Без ограничений считается, что фракция содержит не более 1% масс./масс. металлов (черных и цветных) и не более 5% минеральных веществ.

Затем для полученной легкой фракции проводят стадию (-и) удаления синтетических веществ с использованием спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона (NIR). Разделение на основе NIR обеспечивает оптическую сортировку нежелательных пластиковых материалов из других пластиковых отходов на основе типа полимера (на основе сигнатур длин волн). Как будет понятно специалистам в технологии NIR, система разделения на основе NIR запрограммирована с возможностью определения многих полимеров и других химических соединений. Оператор системы определяет, какие соединения останутся, а какие будут отсортированы. Более конкретно, на стадии разделения NIR используют системы, которые оснащены алгоритмами для удаления каждого вещества, содержащего полимеры, несовместимые с полиолефинами, такие как полимеры, имеющие температуру плавления выше 200 °C или даже выше 210 °C; и/или галогенированные полимеры, и/или арилсодержащие органические соединения, и необязательно другие полимеры при необходимости. Этот алгоритм позволяет соответствующим образом определять и разделять каждое соединение. В этом отношении специалистам в данной области будет понятно, что каждое химическое соединение имеет сложный ИК-спектр, который является уникальным для химического соединения. Этот отпечаток можно найти в любом общедоступном «Химическом атласе», и он может распознаваться компьютерными программами.

В некоторых примерах разделение на основе NIR осуществляют таким образом, чтобы обеспечить отделение по меньшей мере полимеров, считающихся в данной области техники несовместимыми с полиолефином.

В некоторых примерах разделение на основе NIR осуществляют таким образом, чтобы обеспечить отделение по меньшей мере галогенированных полимерных смол, таких как смолы поливинилхлорида (ПВХ или винила).

В некоторых дополнительных или альтернативных примерах разделение на основе NIR осуществляют таким образом, чтобы обеспечить разделение арил-содержащих органических соединений и предпочтительно стирольных или полистирольных органических полимеров.

Разделение на основе NIR обеспечивает не содержащий синтетических веществ *органический* входящий материал, а именно входящий материал, содержащий от 0% до 3% синтетического материала, что определено в соответствии с ISO11358.

В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 3% масс. синтетических полимеров. В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 2,5% масс. синтетических полимеров. В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 2,0% масс. синтетических полимеров. В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 1,5% масс. синтетических полимеров. В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 1,0% масс. синтетических полимеров. В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 0,5% масс. синтетических полимеров. В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 0,1% масс. синтетических полимеров. В некоторых примерах органический входящий материал содержит менее 0,01% масс. синтетических полимеров.

В некоторых примерах органический входящий материал характеризуется отсутствием поддающихся обнаружению количеств синтетических пластиков, что определено в соответствии с ISO11358.

В некоторых примерах органический входящий материал состоит по существу из сухого вещества, включающего 95% гетерогенного органического вещества, от 0% масс. до 1% масс. металлов (черных и цветных) и от 0% масс. до 5% масс. минеральных веществ.

В некоторых примерах органический входящий материал содержит смесь различных целлюлозных материалов отходов.

Органический входящий материал подвергают высокоскоростному перемешиванию. Следует понимать, что такое высокоскоростное перемешивание не выполняют в экструдере. Это осуществляют в закрытом (герметичном) высокоскоростном смесителе, что позволяет перемешивать при повышенных температурах до 130 °C (в некоторых примерах от 80 °C до 130 °C) со скоростью по меньшей мере 2500 об/мин и при отрицательном давлении.

Как отмечено в настоящем документе в отношении не имеющих ограничительного характера примеров, было обнаружено, что органический входящий материал невозможно подвергнуть традиционной экструзии и что существует благоприятный эффект воздействия на него обработки в высокоскоростном смесителе в приведенных выше условиях.

В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 2600 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 2700 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 2800 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 2900 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3000 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3100 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3200 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3300 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3400 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3500 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3600 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3700 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3800 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 3900 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 4000 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 4100 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 4200 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 4300 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 4400 об/мин. В некоторых примерах перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят при скорости по меньшей мере 4500 об/мин.

В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от около 2500 об/мин до около 4500 об/мин. В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от около 3000 об/мин до около 5000 об/мин. В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от около 3000 об/мин до около 4500 об/мин. В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от около 2500 об/мин до около 4000 об/мин.

В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе при отрицательном давлении от около 0,5 бар до около 0,9 бар; иногда от 0,6 бар до 0,9 бар; иногда от 0,6 бар до 0,8 бар; иногда около 0,7 бар. Высокоскоростной смеситель выполнен и функционирует с возможностью обеспечения такого отрицательного давления в течение всего времени работы.

В некоторых примерах перемешивание проводят при температуре до около 120 °С.

В некоторых примерах высокоскоростной смеситель работает с окружной скоростью от около 30 до около 100 м/с; иногда от 30 до 80 м/с; иногда от около 40 до около 70 м/с; иногда и предпочтительно от около 45 до около 60 м/с. В некоторых примерах высокоскоростной смеситель выполнен или сконструирован с возможностью работы с окружной скоростью от около 45 до около 60 м/с; или даже от около 50 до около 70 м/с; или даже от около 55 до около 70 м/с.

В некоторых примерах окружная скорость определяется или задается диаметром ротора и скоростью вращения.

Смешивание в высокоскоростном смесителе проводят в течение времени, достаточного для образования сухой смеси органического композитного материала с вышеописанной характеристикой (т. е. в порошкообразной форме, отличной от гранул, обычно получаемых экструзией). Продолжительность перемешивания будет зависеть от скорости перемешивания и отрицательного давления внутри смесителя.

В некоторых примерах высокоскоростной смеситель может работать со скоростью от 2500 об/мин до 3000 об/мин; при отрицательном давлении около 0,7 бар, температуре до 120 °С (или от 80 °С до 120 °С) и необязательно в течение периода времени от около 30 минут до около 50 минут.

В некоторых других примерах высокоскоростной смеситель выполнен и функционирует с возможностью обеспечения перемешивания с одновременным созданием

вихревого движения для достижения однородности во время обработки. Иногда это может быть достигнуто с использованием специально разработанных лопаток.

В некоторых других примерах высокоскоростной смеситель выполнен и функционирует с возможностью поддержания баланса в вихревом движении, чтобы предотвратить вибрации. Это имеет особое значение из-за входящего материала, который содержит смесь материалов с различной плотностью.

Как правило, чем выше скорость и/или меньше отрицательное давление, тем меньше продолжительность перемешивания. В некоторых примерах перемешивание продолжают до тех пор, пока уровень летучих веществ в смесителе не будет ниже 1%.

Полученный ОКМ затем может быть упакован/храниться для дальнейшего использования, или он может быть направлен на производство изделий.

Таким образом, в соответствии с еще одним аспектом настоящего описания предложено изделие промышленного производства, содержащее смесь по меньшей мере одного синтетического полимера и ОКМ по настоящему изобретению, причем указанное изделие промышленного производства имеет углеродный след, который меньше углеродного следа соответствующего изделия, состоящего по существу только из синтетического полимера, используемого в изделии.

Неожиданно было обнаружено, что ОКМ, описанный в настоящем документе, может уменьшать *углеродный след* содержащих пластик изделий, если ОКМ компаундировать с пластиковым (-ыми) полимером (-ами) перед или во время изготовления изделий.

Изделие промышленного производства может содержать любое количество ОКМ, компаундированного с по меньшей мере одним пластиковым полимером. В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 10% масс. ОКМ, компаундированного с пластиковым (-ыми) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 15% масс. ОКМ, компаундированного с пластиковым (-ыми) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 20% масс. ОКМ, компаундированного с пластиковым (-ыми) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 25% масс. ОКМ, компаундированного с пластиковым (-ыми) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 30% масс. ОКМ, компаундированного с пластиковым (-ыми) полимером (-ами). В некоторых

Изделие промышленного производства может содержать любой тип пластикового полимера. В некоторых примерах ОКМ компаундируют с по меньшей мере одним полиолефином, таким как полипропилен и/или полиэтилен.

В некоторых примерах изделие промышленного производства компаундировано с биоразлагаемым полимером.

В некоторых примерах изделие промышленного производства компаундировано с полимолочной кислотой (ПМК). Неожиданно было обнаружено, что при компаундировании с биоразлагаемым полимером, таким как ПМК, комбинированное изделие проявляет уникальную биоразлагаемость, по существу сходную с таковой для целлюлозы, и имеет сходный углеродный след (сходные средние выбросы накопленного CO₂), как описано в таблице 5.

С учетом уникальной биоразлагаемости ОКМ может иметь множество применений, где желательно использовать биоразлагаемые полимеры с низким выбросом углерода.

В некоторых примерах ОКМ используют для получения упаковочного материала. Другими словами, изделие промышленного производства выполнено в виде упаковки, например упаковки для пищевых продуктов и предпочтительно упаковки, одобренной для пищевых продуктов.

В соответствии с еще одним аспектом настоящего описания предложен *органический* композитный материал для применения в качестве биоразлагаемой альтернативы пластикам.

В некоторых других аспектах ОКМ предназначен для применения в качестве добавки, например наполнителя, в частности для снижения углеродного следа полимера или другого вещества, к которому его добавляют. Другими словами, ОКМ можно использовать в качестве агента, уменьшающего углеродный след.

ОПИСАНИЕ НЕ ИМЕЮЩИХ ОГРАНИЧИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА ПРИМЕРОВ

Получение композита на биологической основе

Получение входящего материала из бытовых твердых отходов, не содержащих синтетических материалов (HSNW)

Сортировка HSNW из гетерогенных бытовых отходов происходит в несколько последовательных этапов.

- Предварительная сортировка: включает ручное удаление металлов, стекла и минеральных веществ.
- Сортировка металлов: включает удаление частиц металлов (черных и цветных) путем использования мощного магнита (IFE MPQ 900 F-P). Магнитный разделительный магнит включает в себя электромагнит, пролетающий над конвейерной лентой; катушка создает узкое и глубокое магнитное поле, которое поднимает части из черного металла и транспортирует их на короткое расстояние по собственной конвейерной ленте, таким образом отделяя магнитные металлы от остальных материалов. Металлы помещают в бункер в нижней части системы и отправляют обратно на переработку. Система магнитной ленты установлена на конце конвейерной ленты, а коробка расположена точно над параболой полета для улавливания магнитных материалов.
- Сортировка вихревыми сепаратором: систему с магнитными полюсами устанавливают внутри ременного барабана, причем ременный барабан имеет внешнюю скорость от 1 до 3 м/с. Внутренний барабан вращается со скоростью до 3000 об/мин. При этом создается поле вихревых токов, которое выталкивает цветные металлы из потока HSNW (Wagner Magnete 0429\0-37).

В конце процесса сортировки получали бытовые твердые органические отходы со значительно сниженным содержанием металла / пластика / неорганических веществ. Окончательное удаление этих примесей выполняли после сушки.

На этой стадии HSNW обычно имеет высокое содержание воды/влажность, от 25% до 50%. Следовательно, HSNW направляли на процесс сушки.

Биосушка

Цель сушки на этой стадии заключается в снижении уровня влажности до значений менее 18% (масс./масс.). Высушивание HSNW происходит в промышленных биосушилках, где активность бактерий и многоклеточных организмов, неотъемлемо присутствующих в природных отходах, приводит к нагреву HSNW до внутренней температуры до 65 °C и испарению жидкости из материала отходов. Температуру определяют с помощью термопар, связанных с компьютеризированным пультом управления.

Генерацию тепла регулируют путем контролируемой подачи воздуха, поддерживая оптимальную температуру процесса, при которой бактерии остаются активными, как правило от 55 °C до 65 °C, иногда даже до 70 °C.

Через несколько дней, даже до 2 недель, *HSNW* достигнет влажности от около 15% до 18% (это можно измерить с использованием стандартного анализатора влажности). Высушенный поток органических отходов переносят на станцию измельчения для гомогенизации размера частиц по существу высушенных твердых органических отходов.

Измельчение

Измельчение выполняют с использованием промышленного роторного измельчителя с получением размера частиц *HSNW* до 30 мм.

Вторая сушка (сушка воздухом)

Вторую стадию сушки проводят в промышленной сушилке с роликовым настилом, работающей на принципе сушки горячим воздухом. Эта стадия сушки снижала уровень влажности до менее 10%.

Заключительная очистка

Заключительная очистка включала удаление остаточных примесей неорганики и металлов, а также всех типов пластиков.

Первоначально очистка основывается на размерах с использованием ярусных грохотов, которые работают на принципе набора вибропластин.

Воздушная сепарация

Систему воздушного сепаратора (IFE UFS600 X+1000 X) использовали для разделения легких и тяжелых частиц. В частности, воздушный сепаратор/классификатор состоит из ускорительной ленты, на которой частицы располагаются в один слой, и последующей воздушной планки, которая нагнетает в материал регулируемый, определенный поток воздуха. За воздушной планкой обычно имеется сепаратор между легкими и тяжелыми частицами. После разделения имеется разделительное пространство, которое дает возможность легким частям опускаться вниз. Тяжелые материалы отделяются между воздушной планкой и сепаратором.

NIR-сепарация

Наконец, пластики и оставшиеся металлы удаляли на основе излучения ближнего инфракрасного диапазона (Near Infra-Red)

Систему ближнего инфракрасного диапазона (SESOTEC MN 1024) использовали для селективной сортировки/отделения конкретных пластиковых полимеров. В частности, использовали систему со сканером, активной поддержкой датчиков и планкой активной

продувки. Кроме того, система была оснащена NIR-камерой высокого разрешения с чувствительностью не менее 1,5 мм, которая улавливала отражение ИК-спектра специальных веществ и сравнивала его с сохраненными спектрами различных веществ. Если система обнаруживала требуемое вещество, свободно запрограммированная функция запрашивалась в бинарной форме — отделить или сохранить. Затем частицы выдувались с той же мелкостью, что и при обнаружении, с использованием соединенной планки выдувного сопла.

После NIR-сепарации твердый органический материал отходов по существу не содержал какого-либо металла, неорганического и пластикового материала (содержал по меньшей мере 90% не содержащих синтетических материалов органических веществ). Этот по существу сухой, состоящий из частиц рассыпчатый материал HSNW применяли в качестве входящего материала для переработки в желаемый органический композитный материал.

Получение ОКМ

Не содержащий синтетических материалов органический рыхлый входящий материал затем переносили в высокоскоростной нагревательный смеситель, предназначенный для смешивания порошков. С этой целью использовали высокоскоростной нагревательный смеситель, работающий при 3000 об/мин под отрицательным давлением (0,7 бар в течение 40 мин при температуре до 120 °С).

Следует отметить, что нельзя выполнить обработку рассыпчатого входящего материала в традиционном смесителе Бенбери, который, хотя и представляет собой смеситель интенсивного действия, выполнен с возможностью смешивания смол или расплавленных полимеров и не подходит для интенсивного смешивания порошков и/или рассыпчатых материалов.

Принцип высокоскоростного смешивания был необходим для обеспечения одновременного смешивания, размалывания и гомогенизации при нагревании из-за создаваемых завихрений и внутреннего трения между частицами порошка. Отслеживали внутреннюю температуру, и после достижения внутренней температуры 90 °С было применено отрицательное давление (0,7 бар) для удаления летучих веществ внутри закрытого смесителя. Процесс смешивания в вакууме продолжали, пока внутренняя температура не достигала 120 °С.

Затем полученный однородный, не содержащий синтетических веществ композитный материал переносили в промышленный охладитель-смеситель, чтобы обеспечить температуру ниже 40 °С.

Получение референсного композитного материала

Далее натуральный композит по настоящему изобретению также сравнивают с референсными композитными материалами, также содержащими пластики и полученными методами экструзии. Для простоты сравнения эти сравнительные композиты получали следующим образом.

Сравнительный композит на основе публикации международной заявки на патент № WO10082202 (далее «несортированный композит»)

Для сравнения использовали композитный материал, описанный в WO10082202. Этот композитный материал содержит пластики (по меньшей мере 10%), а также органическое вещество. Композит из пластика/органического вещества анализировали на основе композитного материала, полученного в примере 2. В частности, композитный материал получали из по существу несортированных отходов (SUW), собранных из частных домохозяйств, измельчали в измельчителе, оснащенном лезвиями, а затем перемалывали до частиц размером от нескольких микрон до нескольких сантиметров. Затем молотые частицы просеивали и собирали частицы в диапазоне диаметров 100–200 мкм. Поток частиц 100–200 мкм пропускали через магнит, который удаляет по меньшей мере часть магнитных металлов из SUW. После отделения магнитных металлов оставшийся поток частиц перемалывали и снова просеивали для получения частиц, имеющих приблизительный размер 20 мкм. Затем перемолотые частицы высушивали воздухом в течение нескольких дней под потоком сухого воздуха, чтобы удалить по меньшей мере часть, но не всю влагу, с получением высушенных частиц. Высушенные частицы подавали в одношнековый экструдер (Egema или самостоятельно изготовленный экструдер), который был установлен на температуру 180 °С и скорость вращения около 50 об/мин. Полученный материал обрабатывали в экструдере при времени пребывания от около 3 минут до около 5 минут. Сопло экструдера охлаждали для увеличения давления и сдвиговых нагрузок в экструдере. Экструдат охлаждали до комнатной температуры.

Композитный материал со сниженным содержанием полимеров

Композитный материал со сниженным содержанием полимеров, но содержащий как синтетические, так и несинтетические органические вещества, получали с использованием

входящего материала, который был подвергнут процессу биосушки и измельчения, как описано выше, с последующей селективной сортировкой с использованием NIR-сепарации некоторых неполиолефиновых синтетических полимеров. Таким образом, хотя полученный композитный материал и содержал полимерное вещество, он имел сниженное количество выбранных полимеров, которые считаются несовместимыми с полиолефинами (по сравнению с их количеством в по существу несортированных бытовых отходах), например галогенированного полимера (например, поливинилхлорида (ПВХ)), и/или арил-содержащего соединения, и/или полимера, имеющего температуру плавления в диапазоне по меньшей мере 200 °С или выше, такого как поливинилхлорид (ПВХ), полистирол (ПС) и ПЭТ. В частности, входящий материал содержал менее 1% ПВХ, менее 3% ПС и/или менее 5% ПЭТ.

Входящий материал *со сниженным содержанием полимеров* далее обрабатывали в одношнековом экструдере (размеры: диаметр 145 мм, длина шнека: 950 см, расстояние от шнека до барабана: 0,5–2 мм, высокоизносостойкий шнек и барабан, диаметр отверстия головки до 30 мм и 2 вентиляционные зоны). Экструдированный композитный материал *со сниженным содержанием полимеров* далее подвергали помолу для получения *композиата со сниженным содержанием полимеров* при следующих размерах частиц: 1,4 мм (далее «Q1,4»), 0,9 мм (далее «Q0,9») и 0,7 мм (далее «Q0,7»).

Результаты и сравнительный анализ

Сравнение высокоскоростного нагревательного смесителя и экструзии

Следующее сравнение направлено на различие не содержащего синтетических веществ органического композитного материала, полученного в соответствии с настоящим описанием, и экструдата из того же самого не содержащего синтетических веществ органического входящего материала при использовании способа согласно WO10082202, в котором в экструдере перерабатывали гетерогенные отходы.

С этой целью не содержащий синтетических веществ органический входящий материал высушивали в печи при 120 °С для снижения влажности до 10%. Затем высушенный не содержащий синтетических веществ органический входящий материал дополнительно перемалывали в мельнице с ситом 6 мм. Затем молотый не содержащий синтетических веществ органический входящий материал подвергали следующим альтернативным обработкам:

- перемешивание в высокоскоростном смесителе с нагревом со скоростью 3000 об/мин под отрицательным давлением (0,7 бар в течение 40 мин при температуре до 120 °С);

- о далее молотый высушенный не содержащий синтетических веществ органический материал перемешивали в высокоскоростном смесителе при 3000 об/мин в условиях вакуума 0,7 бар в течение 40 минут при температуре до 120 °С;

или

- о экструдирование высушенного не содержащего синтетических веществ органического входящего материала в одношнековом экструдере при 100 °С – 120 °С и 60 об/мин.

При попытке пропускания не содержащего синтетических веществ органического входящего материала через экструдер не содержащий синтетических веществ органический входящий материал не смог пройти через него из-за прилипания к шнеку экструдера и ранней дегградации. Безуспешно были проверены другие настройки скорости и температуры.

Неизбежным было заключение, что при отсутствии хотя бы небольшого количества пластика нет текучей среды для прохождения не содержащего синтетических веществ органического входящего материала через экструдер, и, следовательно, для обеспечения экструзии не содержащего синтетических веществ органического входящего материала необходимо добавить небольшое количество термопластичного вещества или смазывающих веществ другого типа (например, воска).

Высокоскоростной смеситель с нагревом с применением отрицательного давления или без него

Для оценки значимости перемешивания в условиях вакуума высушенный не содержащий синтетических веществ органический входящий материал (высушенный до уровня влажности около 10%) перемалывали до размера 6 мм (используя сито 6 мм) и подвергали высокоскоростному перемешиванию при 3000 об/мин в течение 40 мин при 115 °С – 120 °С с вакуумированием (отрицательное давление 0,7 бар, *«не содержащий синтетических веществ органический материал»* или *«органический материал»*) или без вакуумирования (*«референсный материал»* или *«эталон»*) и затем охлаждали в

охлаждающем смесителе, как описано выше, с получением не содержащего синтетических веществ органического композитного материала.

Для оценки образца (препарата) полученный не содержащий синтетических веществ органический композитный материал затем компаундировали с полипропиленом (70%, сополимер с MFI = 60) с использованием одношнекового экструдера в следующих условиях, указанных в таблице 2.

Таблица 2. Условия экструзии

Образец	Вакуум (бар)	Давление (бар)	Крутящий момент (%)	Скорость (об/мин)	Пропускная способность (кг/ч)
<i>Органический материал</i>	0,7	18	35	250	4
Эталон	Нет	20	38	250	4

Полученный экструдированный материал (не содержащий синтетических веществ *органический материал* или эталон) затем подвергали литью под давлением, и полученные формы были протестированы на внешний вид, запах и механические свойства.

Снимки полученных литьем под давлением образцов представлены на **Фиг. 2А–2В**. В частности, на Фиг. 2А показаны полученные литьем под давлением образцы не содержащего синтетических веществ *органического* композитного материала, полученные в условиях вакуума; на Фиг. 2В показаны полученные литьем под давлением образцы референсного композитного материала, изготовленные без применения отрицательного давления / вакуумирования в процессе изготовления.

В качестве дополнительного примера *органический* композит аналогичным образом компаундировали в условиях вакуума с 80% ПП. Изображение представлено как **Фиг. 2С**.

Из этих изображений очевидно, что присутствие летучих веществ в композитном материале (т. е. недостаточное их удаление во время получения без применения отрицательного давления) портит внешний вид поверхности продуктов, полученных литьем под давлением. Без ограничений, накладываемых теорией, считается, что эти

повреждения поверхности вызывает пар, скопившийся в закрытом высокоскоростном смесителе.

Запах двух типов образцов также оценивали на основе внутренней балльной системы оценки от 1 до 5 (1 — без запаха, 5 — сильный запах), в результате оценка запаха у референсного композитного материала была 5, а у *органического* композитного материала — 3. Эти результаты подтверждают вывод о том, что вакуумирование оказывает благоприятный эффект на конечный композитный материал.

Углеродный след ОКМ

Углеродный след является мерой выброса парниковых газов при данной деятельности, например при производстве конкретного продукта, и выражается в метрических тоннах эквивалента выброшенного диоксида углерода (CO₂-экв.).

Для ОКМ углеродный след определяли по оценке жизненного цикла (LCA) в соответствии с ISO14040 с использованием программного обеспечения для расчета LCA из общего массо-энергетического баланса, требующегося для нового процесса. Методика расчета приведена выше в настоящем документе.

В частности, методика расчета LCA для композитного материала требует определения влияния процесса конверсии. В этом случае следует отметить, что при расчете углеродного следа ОКМ учитывают только энергию, используемую для самого процесса конверсии, и не учитывают предшествующие стадии сушки и измельчения, поскольку их проводят до того, как отходы достигают перерабатывающего предприятия.

Следующий не имеющий ограничительного характера пример основан на данных, полученных на предприятии, находящемся в Цеэлим в южном Израиле, где не требуется много энергии для получения ОКМ из-за доступности солнечного тепла для сушки. Таким образом, в условиях этого не имеющего ограничительного характера примера для получения каждого килограмма ОКМ требуется только 0,39 кВт·ч электроэнергии, что соответствует 1,40 МДж/кг.

Климатическое влияние структуры энергопотребления в Израиле составило 0,31 кг CO₂-экв./МДж (GWP₁₀₀) и 0,35 кг CO₂-экв./МДж (GWP₂₀). Эта информация взята из программного обеспечения LCA IMPACT 2002+ (vQ2.28) (июль 2017 г.) V2.28/IMPACT 2002+ и была определена в сочетании с консультантами по экологичности из Quantis.

Чистую LCA рассчитывали путем вычитания предотвращенных выбросов в соответствии с уравнением, представленным на Фиг. 6, из климатического влияния использованной для процесса превращения энергии (выше). Было обнаружено, что чистое воздействие композитного материала, описанного в настоящем документе, является отрицательным, поскольку количество предотвращенных выбросов больше, чем количество выбросов, генерируемых *органическим* композитным материалом.

Дополнительно в случае *органического* композитного материала, содержащего 93,3% пищевых отходов и 6,7% неорганических веществ, предотвращенные выбросы и чистое воздействие на климат для такой композиции показаны в **таблице 3** (округленные значения).

Таблица 3. Воздействие *органического* композитного материала («*органический композит*») на климат

Показатель потенциала глобального потепления (GWP)	Влияние процесса конверсии для <i>органического композита</i> (кг CO ₂ -экв./кг <i>органического композита</i>)	Предотвращенные выбросы (кг CO ₂ -экв./кг <i>органического композита</i>)	Чистое влияние <i>органического композита</i> на климат (кг CO ₂ -экв./кг <i>органического композита</i>)
GWP ₂₀	0,49	17,87	-17,39
GWP ₁₀₀	0,43	7,07	-6,63

Для определения воздействия ОКМ его углеродный след сравнивали с углеродным следом первичного полипропилена (ПП), первичной полимолочной кислоты (ПМК) и композитного материала, описанного в WO10082202 (далее именуется «*несортированный композит*»). В этом случае следует отметить, что *несортированный композит* получен из несортированных бытовых отходов, включающих по меньшей мере 10% синтетических пластиков, и получен путем экструзии несортированных отходов, как коротко описано выше. Кроме того, известно, что в биоразлагаемых продуктах применяют ПМК.

В таблице 4 представлен углеродный след каждого материала отдельно или в комбинациях.

Таблица 4. Углеродный след

Композиция	Углеродный след (кг CO₂-экв./кг)
100% полипропилен (ПП)	2,7
100% полимолочная кислота (ПМК)	3,8
100% <i>несортированный</i> композит*	-11,7
100% ОКМ	-19
70% ПП + 30% ОКМ	-3,7
70% ПМК + 30% ОКМ	-3,1

*как описано в WO10082202

В таблице 4 четко показано, что ОКМ, описанный в настоящем документе, оказывает более значительное влияние на окружающую среду благодаря общему отрицательному углеродному следу, который больше, чем даже у *несортированного композита* из WO10082202.

Кроме того, как будет показано ниже, хотя углеродный след намного ниже, механические свойства комбинации ОКМ с ПП или ПМК по существу такие же, как у ПП или ПМК при их использовании в качестве первичных пластиков.

Сравнение ОКМ с несортированным композитом

В WO10082202 описан композитный материал из несортированных бытовых отходов (включающих пластики), который подвергали экструзии в условиях, описанных выше и более подробно в этой публикации. Композитный материал, полученный в соответствии с WO10082202, в настоящем документе называется «*несортированным композитом*».

Углеродный след *несортированного композитного* материала определяли по оценке жизненного цикла (LCA) в соответствии со стандартом ISO14040/44 с использованием программного обеспечения для расчета LCA и общего массо-энергетического баланса, требующегося для производственного процесса. Методика расчета приведена выше в настоящем документе.

В частности, методика расчета LCA для композитного материала требует определения влияния процесса конверсии. В этом случае следует отметить, что при расчете углеродного следа *несортированного композитного* материала учитывают только энергию,

используемую для самого процесса конверсии, и не учитывают предшествующие стадии сушки и измельчения, поскольку их проводят до того, как отходы достигают перерабатывающего предприятия.

Затем сравнивали физические свойства образцов, полученных методом литья под давлением, содержащих 30% композитного материала (либо ОКМ, либо *несортированного композита*) и 70% ПП, как описано в **таблице 5**.

Механические характеристики, приведенные в таблице 5, определяли следующим образом:

Испытания на растяжение — свойства при растяжении определяли в соответствии с ISO-527-2 с использованием образца типа A1: общая длина ≥ 150 –200 мм, длина узкой части с параллельными сторонами = 80 ± 2 мм, радиус 20–25 мм, расстояние между широкими частями с параллельными сторонами 104–113 мм, ширина на концах = $20 \pm 0,2$ мм, ширина в узкой части $10 \pm 0,2$ мм, предпочтительная толщина $4 \pm 0,2$ мм, расчетная длина $50 \pm 0,5$ мм и начальное расстояние между зажимами = 115 ± 1 мм.

Ударопрочность по Изоду (с надрезом) — ударопрочность по Изоду измеряли с использованием ISO 180 (маятник 1 Дж)/ASTM D256 (маятник 1 Дж), с надрезом, молоток 1 Дж. (Ударопрочность по Изоду, образцы с надрезом по кромке)

Удлинение при разрыве — испытание проводили с использованием способа ASTM D790 (ISO 178) при скорости испытания 5 мм/мин.

Плотность — испытание проводили с использованием ISO 1183.

Таблица 5. Компаундированные с ПП образцы. Сравнение механических свойств

Физическое свойство	ISO	<i>ОКМ-ПП</i>	<i>Несортиро- ванный ПП- композит</i>
Модуль упругости при растяжении (МПа)	ISO-527-2	1200	1480
Предел текучести при растяжении (МПа)		13,8	15,5
Относительное удлинение при пределе текучести (%)		2,9	2,9

Относительное удлинение при разрыве (%)		3,8	4,1
Ударопрочность (кДж/м ²) по Изоду с надрезом	ISO 180	3,1	4,8
Модуль упругости при изгибе (МПа)	ISO 178	1140	1280
Напряжение при изгибе (МПа)		25,0	28,5
Плотность (г/см ³)	ISO 1183	0,98	0,97
MFI 230 °C/2,16 кг (г/10 мин)	ISO 1133	58	27

В таблице 5 показано, что, хотя механические свойства композита **ОКМ-ПП** и механические свойства *несортированного ПП-композита* (содержащего также пластик в количестве, присутствующем в несортированных бытовых отходах) схожи, **ОКМ-ПП композитный** материал имеет значительно более высокий MFI, что делает композит **ОКМ-ПП** более совместимым с литьем под давлением; он является более текучим и, следовательно, более подходящим для промышленного применения. В этом отношении следует отметить, что, чем больше значение MFI, тем больше текучесть материала при заданной температуре.

Более высокое значение MFI для композита **ОКМ-ПП** было неожиданным, поскольку MFI ПП-сополимера является таким же (60), и можно было бы ожидать, что ОКМ снизит MFI. Тем не менее это не происходило. Неизбежный вывод заключается в том, что с помощью ОКМ можно уменьшить количество первичного полимера и получить продукт, имеющий по существу ту же функциональность, что и у продукта с количеством первичного полимера, которое меньше на по меньшей мере 30%.

Биоразлагаемость композита ОКМ-ПМК по сравнению с несортированным (Q0,7) ПМК-композитом или первичным пластиком

Аэробная биоразлагаемость в компосте *ОКМ-ПМК*, *несортированного* композитного материала, молотого до 0,7 мм (Q0,7), и *несортированного Q0,7-ПМК* (далее

«Q0,7-ПМК») сравнивали с аэробной биоразлагаемостью в компосте первичной ПМК (Ingeon 4032 D, Nature Works), с ОХО или без него (биоразлагаемый ускоритель, обычно добавляемый к биоразлагаемым продуктам/композитам-d2 w93224, Symphony Environmental, в соответствии с технологией d2 w®), и целлюлозы в качестве эталона (стандарт целлюлозы UNE-EN13432-2001, «0» в таблице 4).

Получали четыре образца в соответствии с комбинациями из таблицы 6 и формировали гранулы диаметром 2 мм и длиной 3 мм.

Таблица 6. Исследуемые образцы

№	ОКМ-ПМК	Q0,7	ПМК	ОХО	Целлюлоза
0					100
1	30		70		
2	30		69	1	
3		30	70		
4		30	69	1	

Определение окончательной аэробной биоразлагаемости в компосте проводили в соответствии с требованиями, установленными в UNE-EN13432-2001 (European Standards – Requirements for Packaging Recoverable Through Composting and Biodegradation – Test Scheme and Evaluation Criteria for The Final Acceptance of Packaging), и следуя технической процедуре, подробно описанной в UNE-EN ISO14855-1:2013. (Determination of The Ultimate Aerobic Biodegradability of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions – Method by Analysis of Evolved Carbon Dioxide). Как очевидно специалистам в данной области, стандартное требование — более чем 90% биоразложения относительно целлюлозного стандарта. В соответствии с UNE-EN13432-2001, для каждого набора испытаний параллельно обрабатывают целлюлозный стандарт.

Процент биоразложения представлен в таблице 7 и дополнительно проиллюстрирован на графике на Фиг. 3, демонстрирующем накопленное биоразложение.

Таблица 7. Биоразложение

№	Дни	Средний накопленный CO ₂ г	% биоразложения	Стандарт > 90%
0	83,5	75,48	100	Н/П
1	83,5	77,93	103,24	ДА
2	83,5	74,76	95,93	ДА
3	110,5	62,74	79,63	НЕТ
4	123,5	70,10	88,1	НЕТ

Таблица 7 показывает, что при использовании композита *ОКМ-ПМК* образец полностью разлагается в соответствии с европейскими стандартами UNE-EN13432-2001 и UNE-EN ISO14855-1:2013.

Однако при использовании *Q0,7-ПМК* соответствующие образцы не разлагались в соответствии со стандартом даже при добавлении ОХО.

Сравнение органического композита с композитом со сниженным содержанием полимеров

Определяли различные свойства *органического* композита по сравнению с *композитом со сниженным содержанием полимеров* (т. е. композитом, из которого были удалены конкретные пластики, включая ПЭТ, и, таким образом, он считается содержащим меньше пластика по сравнению с WO10082202, но все же содержащим пластик).

Для начала для определения относительного содержания синтетических полимеров, термостабильности и содержания неорганических веществ (содержание золы) образцы ОКМ и образец *композита со сниженным содержанием полимеров* (Q0,9, как определено выше) анализировали методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа (ТГА, (T_{начальное} и T₀)). В частности, использовали комбинированный СТА ТГ-ДСК с масс-спектрометрией [NETZSCH-Geratebau, STA TG-DSC 443 F3 Jupiter®).

Использовали следующие условия ТГ-ДСК (потеря массы по ISO11358 > 5%):

Печь	Карбид кремния
Диапазон температур	От –150 °С до 1550 °С
Скорость нагрева	От 0,001 К/мин до 50 К/мин
Скорость охлаждения	От 1540 до 100 °С: 60 мин (естественное охлаждение)
Диапазон взвешивания	35 г
Макс. исходная масса	35 г
Атмосферы	инертная (N ₂ , Ar), окислительная (сухой воздух), восстановительная (Ar+5% H ₂ Su), вакуум
Встроенный регулятор массового расхода	для 2 продувочных газов и 1 защитного газа
Герметичная сборка для высокого вакуума	до 10 ⁻⁴ мбар (10 ⁻² Па)

Результаты представлены на **Фиг. 4А–4F** и сведены в **таблицу 8**.

Таблица 8. ТГ-ДСК для *органического* композита и Q0,9

	Целлюлоза (%)	Неорганические (%)	Синтетические полимеры (%)	T _{начальное} (°C)	T ₀ (°C)
Q0,9	79,2	9,2	11,6	218	298
ОКМ	93,3	6,7		172	278

Таблица 8 показывает, что ОКМ содержит более 90% целлюлозы и не содержит поддающихся обнаружению количеств синтетических полимеров. Кроме того, в таблице 8 показано, что ОКМ также имеет сниженное количество синтетических веществ и/или неорганических веществ.

Кроме того, в таблице 8 показано, что T_{начальная} (температура начала окисления или разложения) намного ниже для ОКМ, и это означает, что ОКМ является немного менее стабильным и будет разлагаться при 172 °С. Этот результат также приводит к выводу, что ОКМ не может быть экструдирован в условиях, установленных в WO10082202 (экструзия при температурах 180 °С).

Кроме того, определяли *плотность* каждого образца в соответствии со стандартом ISO1183-2, которая составила 1,2 г/см³ для Q0,9 и 1,25 г/см³ для ОКМ, а именно была по существу одинаковой.

Также провели *элементный анализ* ОКМ, *несортированного композита* (как описанного в WO10082202) и *композита со сниженным содержанием полимеров (Q0,9*, как описано выше). В частности, использовали атомно-эмиссионную спектроскопию с индуктивно связанной плазмой (ИСП/АЭС).

С этой целью жидкий образец распыляют в факеле аргоновой плазмы при 6000–10 000 °К. Впрыскиваемый образец быстро дегидратируется, и сначала под действием тепла плавятся, а потом испаряются его растворы. Молекулы разрушаются до свободных атомов, и большая доля этих атомов также ионизируется.

В таблице 9 представлено содержание неорганических веществ в каждом исследованном композитном материале.

Таблица 9. Содержание неорганических веществ

Элемент	<i>Несортированный композит</i> (мг/г)	Q0,9 (мг/г)	ОКМ (мг/г)
Ca	32	29,6	21,2
Fe	4,4	1,3	0,3
Na	7	4,0	5,4
Al	13,9	3,1	0,2
K	5,64	2,1	16,6
Mg	6,14	1,2	1,5
P	0,66	0,7	0,5
Zn	0,36	0,1	0,0
Si	71,3	1,7	0,5
S	0,74	1,4	1,8

В таблице 9 показано, что ОКМ имеет значительно более низкое содержание Fe, Al и Si (песка) и еще более высокое содержание K, причем последнее указывает на не содержащее синтетический материал органическое вещество из живого организма. Калий является основным осмолитом растительных клеток, и поэтому его высокий уровень в ОКМ

является характерным признаком, указывающим на его происхождение. В связи с этим отмечается, что синтетические полимеры или даже содержащие древесину пластики не имеют такого высокого уровня калия, поскольку древесные волокна подвергаются интенсивным промывкам водой, в ходе которых калий из них удаляется.

Общий экстрагированный углерод — также определяли с использованием 20 г образцов, экстрагированных диметиловым эфиром (DME). Масляный остаток взвешивали и рассчитывали количество экстрагированного углерода. Результаты показаны в таблице 10.

Таблица 10. Общий экстрагированный углерод

	<i>Органический материал</i>	Q0,9
Содержание углерода	1,5 г	0,7 г
%	7,5	3,5

Для определения механических свойств были приготовлены образцы, содержащие ОКМ : ПМК (50 : 50) или Q0,9 : ПМК (50 : 50) путем компаундирования в двухшнековом экструдере. Метод испытания включал компаундирование смесей с помощью двухшнекового экструдера (Coperion, ZSK 18 MegaLab, D = 18 мм, 48 L/D).

Компаундированный материал или ПМК сушили в осушителе при 80 °С в течение 2 часов, температура конденсации: -49 °С, а затем литьем под давлением формовали образцы для испытаний в соответствии со стандартом ISO 294.

Механические свойства — механические свойства, приведенные в таблице 11, определяли следующим образом:

Испытания на растяжение — свойства при растяжении определяли в соответствии с ISO-527-2 с использованием образца типа A1: общая длина ≥ 150 –200 мм, длина узкой части с параллельными сторонами = 80 ± 2 мм, радиус 20–25 мм, расстояние между широкими частями с параллельными сторонами 104–113 мм, ширина на концах = $20 \pm 0,2$ мм, ширина в узкой части $10 \pm 0,2$ мм, предпочтительная толщина $4 \pm 0,2$ мм, расчетная длина $50 \pm 0,5$ мм и начальное расстояние между зажимами = 115 ± 1 мм.

Ударопрочность по Изоду (с надрезом) — ударопрочность по Изоду измеряли с использованием ISO 180 (маятник 1 Дж)/ASTM D256 (маятник 1 Дж), с надрезом, молоток 1 Дж. (Ударопрочность по Изоду, образцы с надрезом по кромке)

Удлинение при разрыве — испытание проводили с использованием способа ASTM D790 (ISO 178) при скорости испытания 5 мм/мин.

Таблица 11. Механические свойства

Свойства	Стандарт	ОКМ : ПМК (50 : 50)	Q0,9 : ПМК (50 : 50)	ПМК
Модуль упругости при растяжении (1 мм/мин), МПа	ISO-527-2	2243	3854	3499
Предел текучести при растяжении (50 мм/мин), МПа	ISO-527-2	13	31	72
Предел текучести при растяжении (50 мм/мин), МПа	ISO-527-2	12	31	68
Удлинение при пределе текучести (50 мм/мин), %	ISO-527-2	1,5	1,0	2,5
Относительное удлинение при разрыве (50 мм/мин), %	ISO-527-2	3,0	1,0	3,0
Ударопрочность по Изоду (с надрезом), Дж/м ²	ASTM D256	20	20	40
Ударопрочность по Изоду (без надреза), Дж/м ²	ASTM D256	70	117	243

В таблице 11 показано, что, хотя содержание пластика в образце Q0,9-ПМК обеспечивает более жесткий образец, что видно из более высокого модуля упругости при растяжении, предела текучести и напряжения при разрыве, оба образца имели одно значение ударопрочности по Изоду с надрезом. Таким образом, было сделано заключение

о том, что комбинация ОКМ : ПМК (50 : 50) может быть использована для компостируемых пленок, например упаковочных пленок и сельскохозяйственных мульчирующих пленок.

Кроме того, образцы подвергали анализу методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) (FTIR-спектрофотометр Nicolet 6700 для среднего инфракрасного диапазона с использованием вспомогательного устройства ATR). Спектры поглощения получали путем регистрации поглощения в зависимости от длины волны. Концентрации рассчитывали на основе измерений поглощения при конкретных длинах волн, которые приводятся в инструкциях производителя по эксплуатации и основаны на общеизвестных библиотеках.

Фиг. 5 демонстрирует спектр ART-FTIR, показывающий разницу между ОКМ и композитом со сниженным содержанием полимеров (Q0,9). Особо можно отметить различия в пиках, описанных в таблице 10.

Таблица 12. Примеры пиков

Длина волны (см ⁻¹)	Функциональная группа
3200–3550	О–Н гидроксил
2800–3000	С–Н алифатическая группа
1650–1800	С=О карбоксильная группа
1600–1650	С=C алкеновая группа
1450–1460	С–Н алифатическая группа
1020–1075	С–О эфирная группа
680–720	С–Н алифатическая группа

На **Фиг. 5** и в таблице 12 четко показаны различия в содержании не содержащих синтетических материалов органических веществ (см. расщепленные органические вещества моркови).

В частности, можно видеть, что ОКМ содержит натуральное (т. е. несинтетическое) органическое вещество с высокой процентной долей по сравнению с композитом Q0,9. Например, пик 3335,56 см⁻¹ указывает на гидроксильный компонент и содержит меньше алифатических групп, которые характеризуют, главным образом, полимеры.

На **Фиг. 5** представлены результаты для двух разных образцов, включая композитный материал с размерами 0,9 мм (Q 0,9) и ОКМ.

Интересно, что библиотека FTIR определяет Q0,9 как лютеин (86%), а ОКМ — как семена моркови (95%). Хотя это нельзя рассматривать как определенную химическую идентификацию и это просто указание на преобладающие сигналы FTIR, указывающие на каротиноиды, все же это интересное наблюдение и четкое отличие между Q0,9 и ОКМ и, что более важно, между ОКМ и другими содержащими древесину пластиками. Хотя ОКМ относительно богат целлюлозными волокнами, Q0,9 содержал меньше волокон и большую долю каротиноидов.

ОКМ также характеризовали с использованием газовой хроматографии (ГХ-МС, Agilent 7890A). В частности, через 24 часа экстракт из пространства над органическим композитом анализировали с помощью GC-Sniffer с последующей ГХ-МС. GC-Sniffer показал неприятный прогорклый запах при периоде удержания 16–20 минут. Результаты ГХ-МС показали два основных летучих соединения: нонановую кислоту и октановую кислоту, элюировавшиеся при времени удержания 15 мин для октановой кислоты и 19 мин для нонановой кислоты. Следует отметить, что олеиновая кислота элюировалась при времени удержания 35 минут.

Таблица 13 показывает, что Q0,9 содержит значительно более высокие уровни октановой кислоты и значительно более низкие уровни олеиновой кислоты по сравнению с ОКМ. Кроме того, в таблице 11 указаны значительно более низкие соотношения октановая/олеиновая и нонановая/олеиновая кислоты вследствие более низких температур и давлений, применяемых в случае ОКМ.

В связи с этим следует отметить, что октановая кислота (также известная под названием каприловая кислота) представляет собой восьмиуглеродное насыщенное соединение и является маслянистой жидкостью, которая минимально растворима в воде и имеет легкий неприятный прогорклый запах. Нонановая кислота и октановая кислота представляют собой продукты разложения ненасыщенной олеиновой кислоты. Олеиновая кислота представляет собой жирную кислоту, которая образуется естественным образом в различных животных и растительных жирах и маслах и, следовательно, присутствует в коммунальных отходах. Разложение олеиновой кислоты с образованием нонановой и октановой кислот, в частности, происходит в присутствии субкритической воды при 20 МПа (около 200 атм) и при температуре выше 300 °С. Интересно отметить, что стеариновая кислота (насыщенная форма олеиновой кислоты) является стабильной даже при 370 °С. Кроме того, олеиновая кислота является стабильной до 300 °С при 20 МПа в присутствии субкритической воды.

Таблица 13. Содержание жирных кислот (произвольные единицы)

Коэффициент поглощения	Q0,9	ОКМ
Октановая кислота	800 000	400 000
Нонановая кислота	1 600 000	1 600 000
Олеиновая кислота	1 200 000	3 400 000
Октановая/олеиновая	0,666667	0,117647
Нонановая/олеиновая	1,333333	0,470588

Экстракция ДНК и содержание хлорофилла в Q0,9 и ОКМ

Протокол экстракции ДНК был модифицирован из <http://www.bio-protocol.org/e2906>. В частности, по 20 г Q0,9 и ОКМ в трех повторностях измельчали в жидком азоте до мелкодисперсного порошка с помощью охлажденной ступки и пестика (это обычный способ экстракции ДНК LN2 при -210 °С). Затем мелкодисперсный порошок помещали в пробирку, в которую добавляли 500 мкл 2% раствора хлороформ:изоамиловый спирт (24 : 1) (СТАВ) и инкубировали при интенсивном перемешивании на водяной бане при 65 °С в течение одного часа. Использование СТАВ, катионного детергента, облегчает отделение полисахаридов во время очистки, в то время как добавки, такие как поливинилпирролидон, могут способствовать удалению полифенолов. Экстракционные буферы на основе СТАВ широко используют при очистке ДНК из растительных тканей.

Затем смесь центрифугировали при 12 000 g в течение 15 минут и собирали супернатант, к которому добавляли равный объем хлороформа и снова центрифугировали. Отбирали водную фазу и добавляли равный объем изопропилового спирта, осторожно перемешивая пробирку. Пробирки выдерживали при -20 °С один час и центрифугировали при 12 000 g в течение 15 минут. К осадку после центрифугирования добавляли 700 мкл 75% этанола и центрифугировали при 12 000×g в течение 5 мин. Осадок после центрифугирования полностью высушивали и смешивали с 30 мкл сверхчистой воды, 1 мкл 10% РНКазы А, и инкубировали при 37 °С в течение одного часа. Количество ДНК определяли с использованием NanoDrop.

Определение содержания хлорофилла проводили с использованием протокола, представленного ниже: В частности, в пробирку объемом 1,5 мл, содержащую 1 мл диметилформамида (DMF), добавляли 20 мг исследуемого композитного материала в трех

повторностях. Пробирки инкубировали в течение ночи при 4 °С, чтобы позволить хлорофиллу раствориться в растворе ДМФА. 300 мкл раствора образца смешивали с 600 мкл DMF в неиспользованной пробирке Eppendorf (2 объема DMF на объем образца). Поглощение (A) измеряли на спектрофотометре при длинах волн 647 нм и 664,5 нм с использованием кварцевой кюветы.

$$\text{Содержание хлорофилла } a \text{ (мкг/мл)} = (12 \times A_{664,5}) - (2,79 \times A_{647})$$

$$\text{Содержание хлорофилла } b \text{ (мкг/мл)} = (20,78 \times A_{647}) - (4,88 \times A_{664,5})$$

Таблица 14. Общее содержание ДНК и хлорофилла

	ОКМ	Q0,9
Хлорофилл мкг/г	75,5	96,5
ДНК мг/г	18,9	4,5

Приведенные выше данные показывают, что уровни хлорофилла приблизительно одинаковы в двух композитных материалах, тогда как содержание ДНК в ОКМ значительно выше.

Элементный анализ (C, H, N) материалов Q в ОКМ в сравнении с Q0,9

Элементный анализ C, H, N, S и O был проведен с использованием элементного анализатора Flash EA 1112 в соответствии с инструкциями производителя. Результаты приведены в **таблице 15**.

Таблица 15. Элементный анализ (органические вещества)

%	N	C	H
ОКМ	2,0	45,1	6,1
Q0,9	0,6	53,8	7,6

Высокое количество азота в ОКМ указывает на более высокое количество не содержащего синтетических материалов органического (натурального) материала, поскольку Q0,9 содержит относительно высокий уровень полиолефинов, которые богаты углеродом и водородом и, как правило, не содержат азот, тогда как натуральные продукты, такие как присутствующие в большем количестве в ОКМ, содержат белки, богатые азотом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Органический композитный материал (ОКМ), содержащий смесь, содержащую по меньшей мере 90% масс. гетерогенного органического вещества; причем ОКМ **характеризуется** по меньшей мере одним из следующего:

- указанный ОКМ имеет углеродный след менее около -10 кг CO₂-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006;
- если указанный ОКМ компаундирован с 70% масс. полипропилена (ПП) с образованием ОКМ-ПП, то ОКМ-ПП имеет индекс текучести расплава (MFI 230 °C/2,16 кг) более около 30 г/10 мин, определенный в соответствии со стандартом ISO1133-1:2011;
- если указанный ОКМ компаундирован с 70% масс. полимолочной кислоты (ПМК) с получением ОКМ-ПМК и ОКМ-ПМК помещают в компост на по меньшей мере 80 дней, то ОКМ-ПМК демонстрирует по меньшей мере 90% разложения;

причем указанный ОКМ дополнительно **характеризуется** по меньшей мере одним из следующего

- ОКМ содержит синтетические полимеры в количестве от 0% до 3% общей массы композитного материала; и
- не содержит поддающегося обнаружению количества по меньшей мере одного из поливинилхлорида (ПВХ), полистирола (ПС) и полиэтилентерефталата (ПЭТ).

2. ОКМ по п. 1, содержащий от 0% масс. до 3% масс. синтетических полимеров от общей массы указанного композитного материала.

3. ОКМ по п. 1 или 2, по существу не содержащий синтетических полимеров.

4. ОКМ по любому из пп. 1–3, содержащий гетерогенную смесь веществ на основе целлюлозы.

5. ОКМ по любому из пп. 1–4, **характеризующийся** углеродным следом менее -14 кг CO₂-экв./кг.

6. ОКМ по любому из пп. 1–5, причем при компаундировании с синтетическим полимером с образованием смеси ОКМ — синтетический материал указанная смесь

ОКМ — синтетический материал характеризуется углеродным следом, который ниже, чем у отдельного указанного синтетического полимера.

7. ОКМ по любому из пп. 1–6, причем при компаундировании с 70% масс. полипропилена (ПП) с образованием смеси ОКМ-ПП указанная смесь ОКМ-ПП демонстрирует индекс текучести расплава при температуре 230 °С и стандартной нагрузке 2,16 кг по меньшей мере 45 г/10 минут, предпочтительно по меньшей мере 50 г/10 минут.
8. ОКМ по любому из пп. 1–7, демонстрирующий термопластичные свойства.
9. ОКМ по любому из пп. 1–8, являющийся биоразлагаемым.
10. Композитный материал по любому из пп. 1–9, причем при компаундировании его с биоразлагаемым синтетическим полимером указанная смесь является биоразлагаемой.
11. ОКМ по любому из пп. 1–10, причем при компаундировании с полимолочной кислотой (ПМК) с образованием смеси ОКМ-ПМК указанная смесь ОКМ-ПМК является биоразлагаемой.
12. ОКМ по любому из пп. 1–11, содержащий по меньшей мере 0,1 мг/г ДНК при экстракции экстракционным раствором, содержащим 2% хлорформ : изоамиловый спирт (24 : 1) (СТАВ).
13. ОКМ по любому из пп. 1–12, содержащий по меньшей мере 6 мг/г калия, как определено с помощью элементного анализа.
14. ОКМ по любому из пп. 1–13, содержащий по меньшей мере 80% масс. материала на основе целлюлозы, как определено методом термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии (ТГ-ДСК).
15. ОКМ по п. 14, содержащий по меньшей мере 90% масс. материала на основе целлюлозы.
16. ОКМ по любому из пп. 1–15, имеющий соотношение октановая кислота / олеиновая кислота менее 0,5.
17. ОКМ по любому из пп. 1–16, имеющий соотношение нонановая кислота / олеиновая кислота менее 1,3.
18. ОКМ по любому из пп. 1–17, содержащий менее 10% неорганического вещества.
19. ОКМ по п. 18, содержащий менее 2% неорганического вещества.

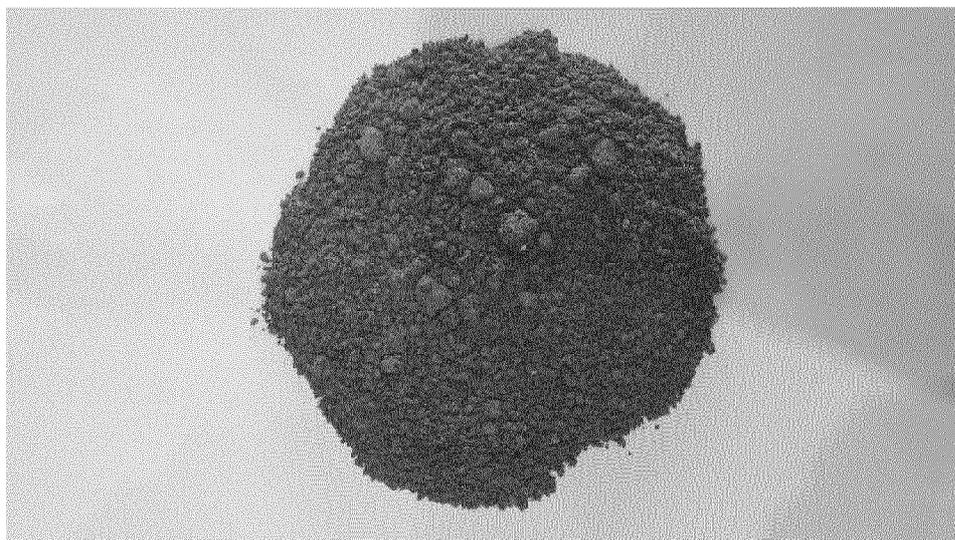
20. ОКМ по любому из пп. 1–19, содержащий менее 1,5 мг/г кремнезема.
21. ОКМ по любому из пп. 1–20, содержащий по меньшей мере 5% масс. общего экстрагированного углерода в диметиловом эфире (DME), используемом в качестве экстракционного растворителя.
22. ОКМ по любому из пп. 1–21, имеющий температуру начала потери массы при термогравиметрическом анализе (ТГА) не более 180 °С.
23. ОКМ по любому из пп. 1–22, причем его образец, содержащий 30% масс. ОКМ и 70% масс. полипропилена (ПП) и подвергнутый литью под давлением, демонстрирует по меньшей мере одно из следующего:
- модуль упругости при растяжении по меньшей мере 1000 МПа;
 - предел текучести при растяжении по меньшей мере 12 МПа;
 - относительное удлинение при пределе текучести по меньшей мере 2,2%;
 - относительное удлинение при разрыве по меньшей мере 3,2%;
 - ударопрочность по Изоду с надрезом по меньшей мере 2,8 кДж/м²;
 - модуль упругости при изгибе по меньшей мере 1000 МПа;
 - прочность на изгиб по меньшей мере 20 МПа;
 - плотность по меньшей мере 0,9 г/см³.
24. Способ получения органического композитного материала (ОКМ), содержащего смесь гетерогенного органического вещества, включающий:
- a. Обеспечение входящего материала, содержащего смесь по меньшей мере 90% масс. гетерогенных органических отходов, причем входящий материал дополнительно **характеризуется** по меньшей мере одним из (i) содержания синтетического полимера от 0% масс. до 3% масс.; и (ii) отсутствия поддающегося обнаружению количества по меньшей мере одного из поливинилхлорида (ПВХ), полистирола (ПС) и полиэтилентерефталата (ПЭТ); и
 - b. воздействие на указанный входящий материал высокоскоростным перемешиванием при температуре до около 130 °С, скорости по меньшей мере около 2500 об/мин и в условиях вакуума с получением таким образом композитного материала.
25. Способ по п. 24, причем указанный входящий материал получают из гетерогенных отходов, при этом указанные гетерогенные отходы подвергают любому одному из

следующего или их комбинации: сушка, уменьшение размера, удаление металла, удаление синтетических полимеров.

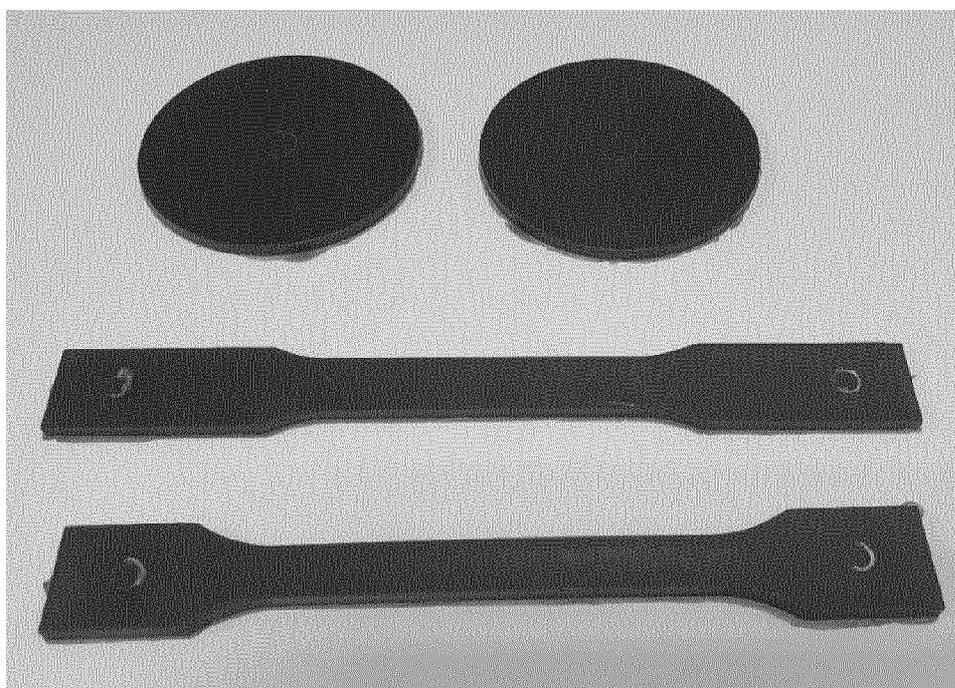
26. Способ по п. 25, причем указанное удаление синтетических полимеров включает подвергание гетерогенных отходов, необязательно после высушивания и уменьшения размеров, стадии NIR-сепарации для удаления по меньшей мере одного из ПВХ, ПС и/или ПЭТ.
27. Способ по любому из пп. 24–26, причем указанный входящий материал содержит менее 10% масс. влаги.
28. Способ по любому из пп. 24–27, причем указанный входящий материал содержит менее 1% масс. металлов.
29. Способ по любому из пп. 24–27, причем указанный входящий материал содержит менее 2% масс. синтетических полимеров.
30. Способ по любому из пп. 24–29, причем указанный входящий материал не содержит поддающегося обнаружению количества синтетических полимеров, как определено в соответствии с ISO11358.
31. Способ по любому из пп. 24–30, причем указанный входящий материал имеет средний размер частиц менее 40 мм.
32. Способ по любому из пп. 24–31, причем указанный входящий материал состоит по существу из гетерогенного органического вещества, не являющегося влагой и неорганическим веществом.
33. Способ по любому из пп. 24–32, причем указанный входящий материал содержит по меньшей мере 80% масс. гетерогенных отходов на основе целлюлозы.
34. Способ по любому из пп. 24–33, причем указанный входящий материал содержит по меньшей мере около 6 мг/г калия от общей массы указанного входящего материала.
35. Способ по любому из пп. 24–34, причем указанный входящий материал содержит по меньшей мере около 0,1 мг/г ДНК.
36. Способ по любому из пп. 24–35, причем указанное высокоскоростное перемешивание осуществляют при скорости около 3000 об/мин.
37. Способ по любому из пп. 24–36, причем указанное высокоскоростное перемешивание осуществляют при отрицательном давлении от около 0,5 бар до около 0,9 бар.

38. Способ по любому из пп. 24–37, причем указанное высокоскоростное перемешивание осуществляют при температуре от около 100 °С до около 120 °С.
39. Способ по любому из пп. 24–38, причем указанное высокоскоростное перемешивание осуществляют при окружной скорости от 45 до 60 м/с.
40. Изделие промышленного производства, содержащее смесь по меньшей мере одного синтетического полимера и ОКМ по любому из пп. 1–23, причем указанное изделие промышленного производства имеет углеродный след, который меньше углеродного следа указанного по меньшей мере одного синтетического полимера.
41. Изделие промышленного производства по п. 40, содержащее по меньшей мере 10% масс. указанного ОКМ.
42. Изделие промышленного производства по п. 40 или п. 41, причем указанный по меньшей мере один синтетический полимер представляет собой биоразлагаемый полимер, а указанное изделие промышленного производства является биоразлагаемым.
43. Изделие промышленного производства по п. 42, причем указанный синтетический полимер содержит полимолочную кислоту (ПМК).
44. Изделие промышленного производства по любому из пп. 40–43, составляющее упаковочный материал или выполненное в форме упаковки.
45. ОКМ по любому из пп. 1–23 для применения в качестве биоразлагаемой альтернативы пластикам.
46. ОКМ по любому из пп. 1–23 для применения в качестве биоразлагаемой добавки.
47. ОКМ по любому из пп. 1–23 для применения в качестве агента, уменьшающего углеродный след.

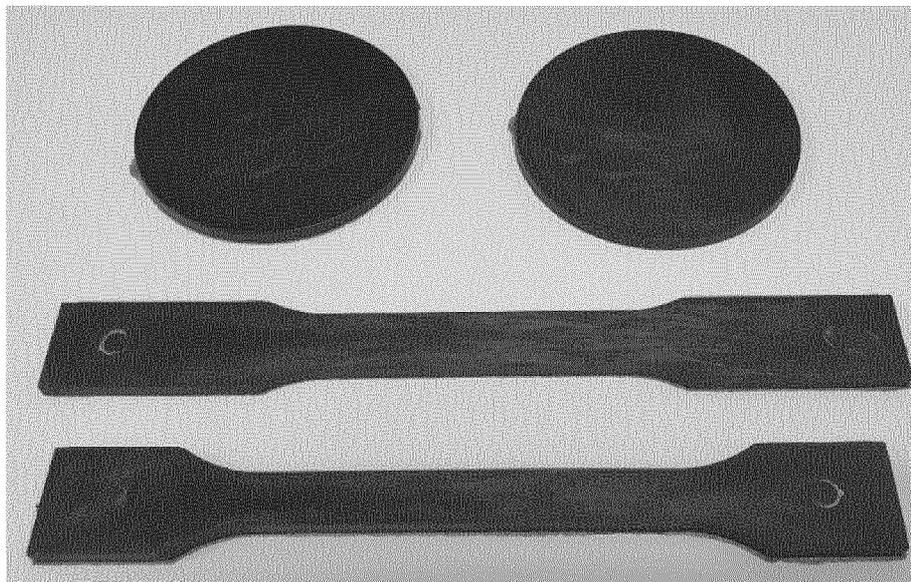
ФИГ. 1



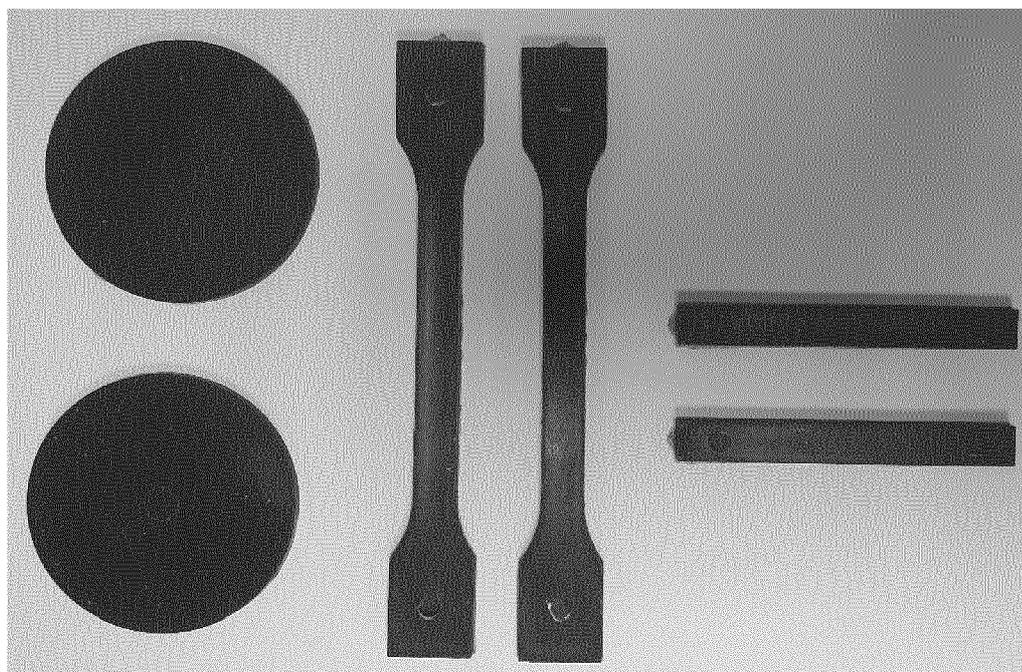
ФИГ. 2А



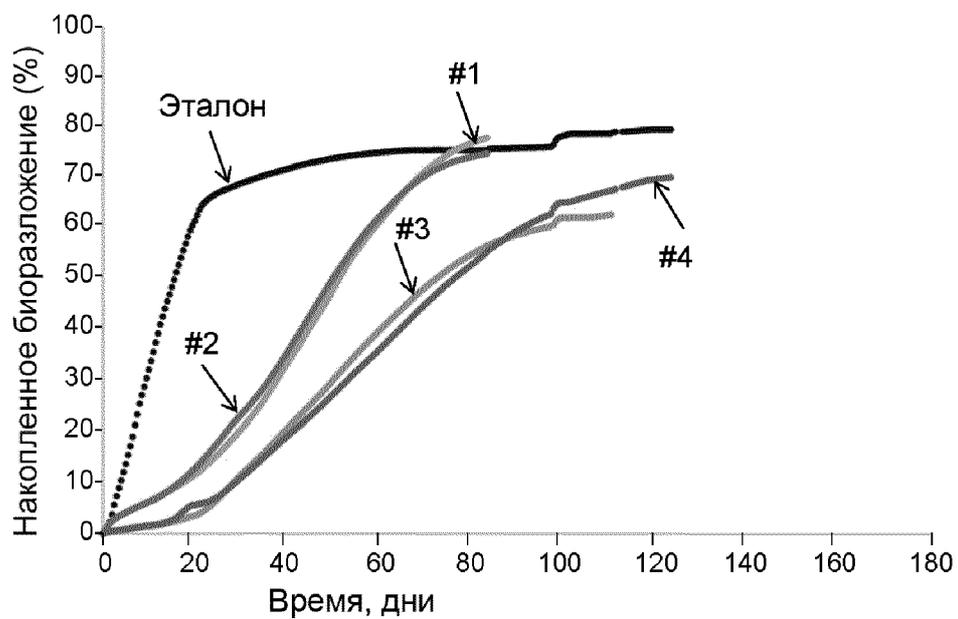
ФИГ. 2В



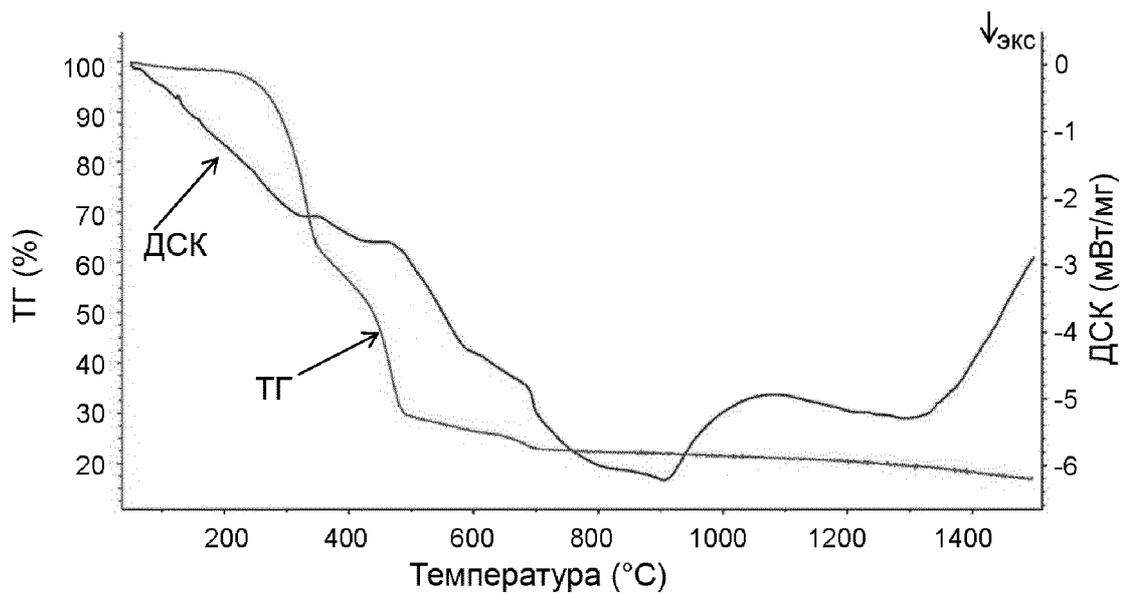
ФИГ. 2С



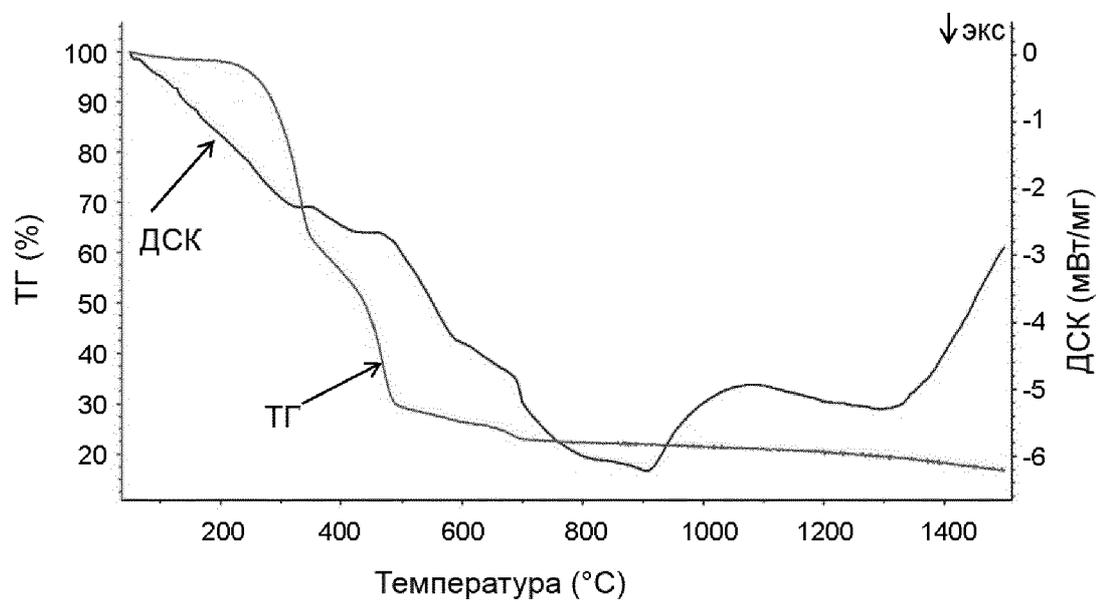
ФИГ. 3



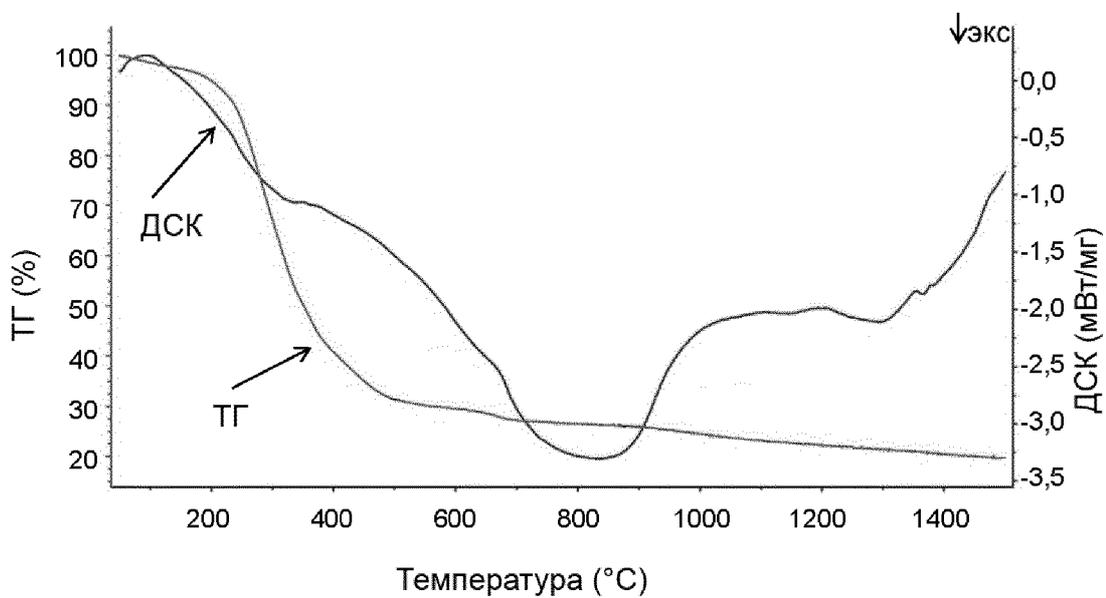
ФИГ. 4А



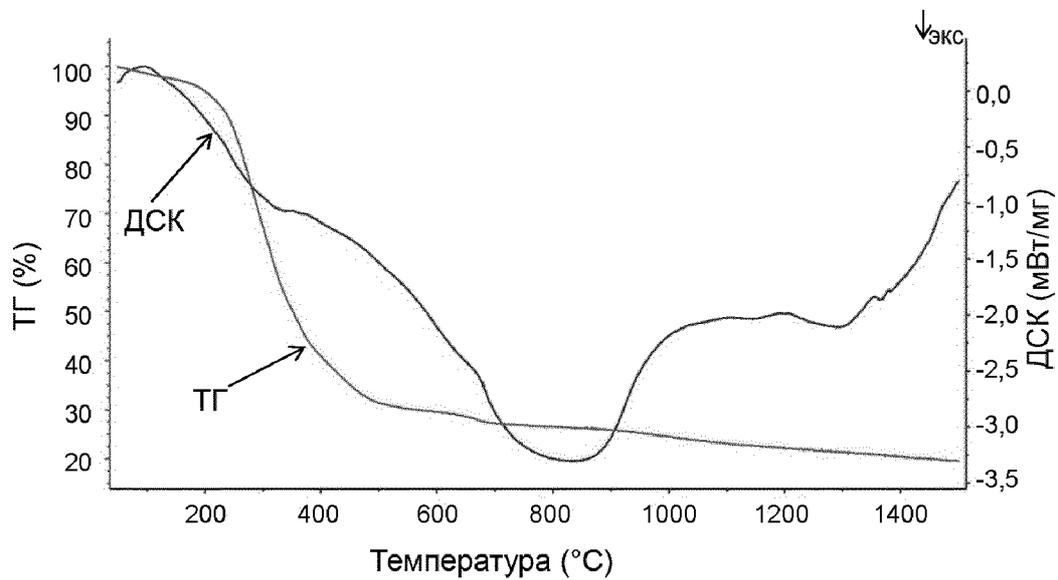
ФИГ. 4В



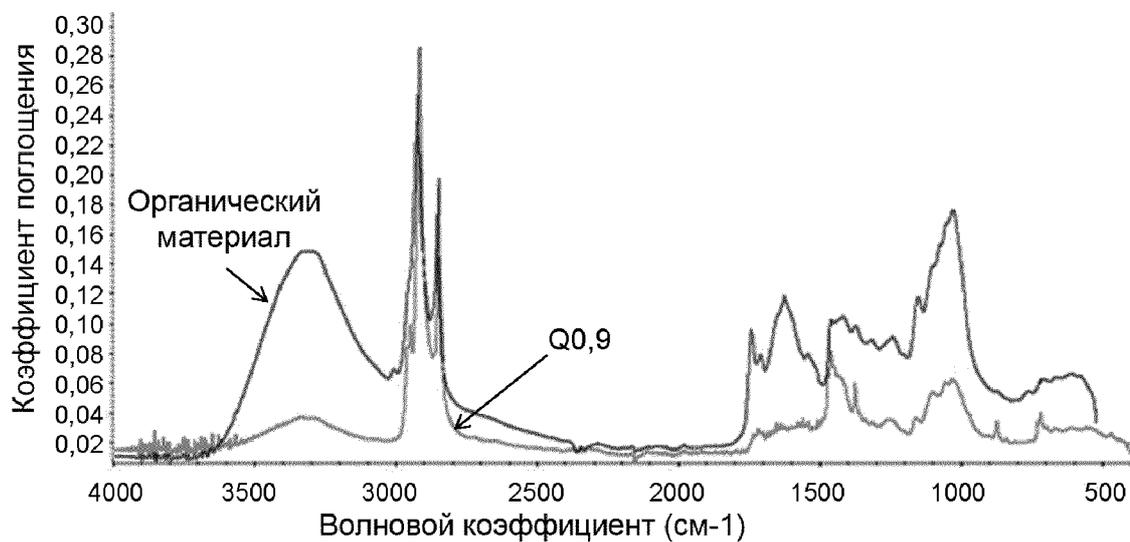
ФИГ. 4С



ФИГ. 4D



ФИГ. 5



ФИГ. 6

$$\left. \begin{aligned}
 & BE_{CH_4, SWDS, y} \\
 & \left. \begin{aligned}
 & = \phi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX_y) \times \\
 & \frac{16}{12} \times F_y \times DOC_{org, y} \times MCF_y \times \sum_{k=1}^y \sum_{j=1}^n (W_{j, k} \times DOC_{j, k} \times e^{-k \cdot (y-x)}) \times (1 - e^{-k \cdot y})
 \end{aligned}
 \right\}
 \end{aligned}
 \right\}$$

Поправочный коэффициент модели (10)

Доля метана, захваченного на SWDS: (20)

Потенциальное влияние на глобальное потепление для метана: (30)

Коэффициент окисления: (40)

Конверсия углерода в метан: (50)

Доля метана в SWDS: (60)

Доля разлагаемого органического углерода, способного к распаду: (70)

Поправочный коэффициент для метана: (80)

Дифференцирующие временные горизонты: (90)

Дифференцирующие типы отходов: (100)

Количество твердых отходов (SW) типа j, утилизация которого на SWDS была предотвращена: (110)

Доля разлагаемого органического углерода в типе отходов: (120)

Скорость распада по типам отходов: (130)

Рассматриваемый временной горизонт: (140)

Скорость распада по типам отходов: (130)