

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202490231** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2024.04.22**

(51) Int. Cl. **B09B 3/00** (2022.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2022.08.23**

---

(54) **КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СНИЖЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ  
ВЫБРОСОВ**

---

(31) **285993**

(32) **2021.08.31**

(33) **IL**

(86) **PCT/IL2022/050921**

(87) **WO 2023/031912 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., Игнатъев А.В., Дмитриев  
А.В., Бельтюкова М.В. (RU)**

(57) В изобретении предложен композитный материал для применения в снижении углеродных выбросов, причем композитный материал содержит (i) по меньшей мере 40 мас.% гетерогенного органического вещества от общей массы композитного материала, при этом указанное гетерогенное органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу, (ii) множество синтетических полимеров и (iii) до 15 мас.% неорганического вещества; причем указанный композитный материал содержит менее 5 мас.% полиэтилентерефталата (ПЭТ) от общей массы композитного материала; и при этом указанный композит имеет углеродный след менее около -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006. Также раскрыты изделие промышленного производства, содержащее композитный материал, и способ получения изделия промышленного производства.

**A1**

**202490231**

**202490231**

**A1**

## **КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СНИЖЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ ВЫБРОСОВ**

### **ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ**

Настоящее изобретение относится к парниковым газам и углеродным выбросам, а также к продуктам и способу для их снижения.

### **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.

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. 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.

### **ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ**

В соответствии с первым аспектом описанного в настоящем документе объекта изобретения предложен композитный материал, содержащий (i) по меньшей мере 40% масс. гетерогенного органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное гетерогенное органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу, (ii) множество синтетических полимеров и (iii) до 15% масс. неорганического вещества;

причем указанный композитный материал содержит менее 5% масс. полиэтилентерефталата (ПЭТ) от общей массы композитного материала; и

при этом указанный композит имеет углеродный след менее около -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006.

Композитный материал, в частности, предназначен для применения в снижении углеродных выбросов. Таким образом, в контексте настоящего описания упоминание описанного в настоящем документе композитного материала следует понимать как указание на собственно композитный материал, а также в некоторых примерах предпочтительно его предполагаемое применение.

В соответствии со вторым аспектом описанного в настоящем документе объекта изобретения предложено изделие промышленного производства, содержащее комбинацию одного или более термопластичных синтетических полимеров и композитного материала, заявленного в настоящем документе, причем изделие промышленного производства имеет углеродный след, который ниже общего углеродного следа одного или более синтетических полимеров.

Кроме того, в соответствии с третьим аспектом описанного в настоящем документе объекта изобретения предлагается способ получения изделия промышленного производства, включающий формирование расплава одного или более синтетических полимеров и композитного материала, заявленного в настоящем документе, и формование из расплава изделия промышленного производства. Дополнительный способ относится к смешиванию одного или более синтетических полимеров, причем каждый синтетический полимер, один или более, имеет углеродный след, определяемый в соответствии с ISO14040: 2006, с композитным материалом, заявленным в настоящем документе; причем указанное изделие промышленного производства характеризуется углеродным следом, который статистически значимо меньше, чем у указанного одного или более синтетических полимеров.

Наконец, в соответствии с четвертым аспектом описанного в настоящем документе объекта изобретения предложен способ снижения углеродных выбросов, связанных с получением изделия промышленного производства, содержащего один или более синтетических полимеров, причем способ включает получение указанного изделия промышленного производства из смеси указанного одного или более синтетических полимеров и композитного материала, содержащего (i) по меньшей мере 40% масс.

гетерогенного органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное гетерогенное органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу, (ii) множество синтетических полимеров и (iii) до 15% масс. неорганического вещества;

причем указанный композитный материал содержит менее 5% масс. полиэтилентерефталата (ПЭТ) от общей массы композитного материала; и

при этом указанный композит имеет углеродный след менее около -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006.

## **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.

На **Фиг. 1** представлено уравнение для метода распада первого порядка (FOD), используемого для расчета предотвращения выбросов, включающее следующие параметры: поправочный коэффициент модели («10»), доля метана, захваченного на месте утилизации твердых отходов (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 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»).

## **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.

Описанный в настоящем документе объект изобретения основан на разработке композитного материала, который имеет отрицательный углеродный след, и, таким образом, может быть использован в качестве «разбавителя» для синтетических полимеров (пластиков), которые имеют положительный углеродный след и, таким образом, считаются неблагоприятными для окружающей среды и приводят к усилению парникового эффекта.

В частности, в соответствии с наиболее широким аспектом описанный в настоящем документе объект изобретения обеспечивает композитный материал, предпочтительно для применения в снижении углеродных выбросов (например, для применения в снижении выбросов парниковых углеродсодержащих веществ).

Композитный материал, описанный в настоящем документе, содержит (i) по меньшей мере 40% масс. неполимерного гетерогенного органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное гетерогенное органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу, (ii) множество синтетических полимеров и (iii) до 15% масс. неорганического вещества;

причем композитный материал содержит менее 5% масс. полиэтилентерефталата (ПЭТ), предпочтительно менее 4% масс. или даже 3% масс. или менее от общей массы композитного материала; и

причем композит имеет углеродный след менее около  $-10$  кг  $\text{CO}_2$ -экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006.

В контексте настоящего описания, если речь идет о «*композитном материале*», его следует понимать как по существу равномерно распределенную смесь двух или более составляющих материалов, которые отличаются по химическим и/или физическим свойствам, и тем не менее смешиваются/объединяются вместе с получением материала, свойства которого отличаются от свойств образующих его отдельных материалов.

Описанный в настоящем документе композитный материал содержит неполимерное/несинтетическое гетерогенное органическое вещество.

При упоминании гетерогенного (неполимерного/несинтетического) органического вещества следует понимать, что это может быть смесь различных видов природных веществ, которые могут происходить из растительных отходов, отходов из продуктов растительного происхождения, остатков животных, отходов из пищевых продуктов животного происхождения и т. д.

В некоторых примерах органическое вещество содержит гетерогенную смесь материалов на основе целлюлозы. Сюда относится любая комбинация лигноцеллюлозной, целлюлозной, лигниновой и/или гемицеллюлозной биомассы и любых их производных или модифицированных форм. Далее термин «целлюлоза» относится в совокупности к любому одному из ряда или комбинации из лигноцеллюлозы, целлюлозы, лигнина и гемицеллюлозы и их производных или модификаций.

Содержание целлюлозы можно определить методом ТГ-ДСК, реализуемым в соответствии со стандартом ISO11358 (потеря веса > 5%) в условиях, описанных ниже.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения количество несинтетического гетерогенного органического вещества в композитном материале, определенное в соответствии с ISO11358, составляет по меньшей мере 40% масс.; иногда по меньшей мере 45% масс.; иногда по меньшей мере 50% масс.; иногда по меньшей мере 55% масс.; иногда по меньшей мере 60% масс.; иногда по меньшей мере 65% масс.; иногда по меньшей мере 70% масс.; иногда по меньшей мере 75% масс.; иногда по меньшей мере 80% масс.; иногда по меньшей мере 85% масс.; иногда, по меньшей мере 90% масс.

Композитный материал согласно описанному в настоящем документе объекту изобретения также может характеризоваться присутствием вещества ДНК (в составе органического вещества), обнаруживаемого с помощью раствора хлороформ : изоамиловый спирт (24 : 1) (СТАВ) по традиционному протоколу экстракции ДНК, как, например, описано в публикации Yi, S., Jin, W., Yuan, Y. и Fang, Y. (2018). An Optimized CTAB Method for Genomic DNA Extraction from Freshly-picked Pinnae of Fern, *Adiantum capillus-veneris* L. *Bio-protocol* 8(13): e2906. DOI: [10.21769/BioProtoc.2906](https://doi.org/10.21769/BioProtoc.2906) (см. также примеры, которые составляют неотъемлемую часть настоящего описания).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения количество ДНК в композитном материале составляет по меньшей мере 0,1 мг/г; иногда по меньшей мере 0,5 мг/г; иногда по меньшей мере 1 мг/г; иногда по меньшей мере 2 мг/г; иногда по меньшей мере 3 мг/г; иногда по меньшей мере 4 мг/г; иногда по меньшей мере 5 мг/г; иногда по меньшей мере 6 мг/г; иногда по меньшей мере 7 мг/г; иногда по меньшей мере 8 мг/г; иногда по меньшей мере 9 мг/г; иногда по меньшей мере 10 мг/г; иногда по меньшей мере 11 мг/г; иногда по меньшей мере 12 мг/г; иногда по меньшей мере 13 мг/г; иногда по меньшей мере 14 мг/г; иногда, по меньшей мере 15 мг/г.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения, в частности, когда композитный материал по существу не содержит полимерное вещество (как дополнительно описано ниже в настоящем документе), количество ДНК составляет по меньшей мере 10 мг/г или даже по меньшей мере 15 мг/г.

Композитный материал согласно описанному в настоящем документе объекту изобретения также может характеризоваться присутствием хлорофилла (в составе органического вещества), обнаруживаемого с использованием обычных протоколов.

В некоторых примерах содержание хлорофилла определяют путем добавления к образцу композитного материала согласно описанному в настоящем документе объекту изобретения 1 мл диметилформамида (DMF, в пробирках объемом 1,5 мл). Пробирки инкубируют в течение ночи при 4 °С, чтобы растворить хлорофилл в растворе DMF. Раствор образца (300 мкл) смешивают с 600 мкл DMF в неиспользованной пробирке Eppendorf (2 объема DMF на объем образца). Поглощение (A) измеряют на спектрофотометре при длинах волн 647 нм и 664,5 нм с использованием кварцевой кюветы. Содержание хлорофилла рассчитывают по формулам:

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

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

В некоторых примерах количество хлорофилла в композитном материале согласно описанному в настоящем документе объекту изобретения составляет по меньшей мере 95 мкг/г.

В некоторых примерах описанный в настоящем документе композитный материал по существу не содержит синтетического материала, т. е. содержит до 10% масс. синтетических полимеров (синтетических пластиков). Такой композитный материал в настоящем документе называют термином «*органический композит*»

В некоторых примерах описанный в настоящем документе объект изобретения содержит более 10% масс. синтетических полимеров. Термин «*синтетические полимеры*» или, коротко, «*синтетические пластики*» следует понимать как указание на смесь пластиков, обычно присутствующих в бытовых и/или промышленных отходах, а также любых других синтетических пластиков, известных в данной области.

В соответствии с некоторыми примерами описанного в настоящем документе объекта изобретения, *органический композит* представляет собой композитный материал

по описанному в настоящем документе объекту изобретения, который содержит менее 9% масс. синтетических полимеров, иногда менее 8% масс. синтетических полимеров; иногда менее 7% масс. синтетических полимеров; иногда менее 6% масс. синтетических полимеров; иногда менее 5% масс. синтетических полимеров; иногда менее 4% масс. синтетических полимеров; иногда менее 3% масс. синтетических полимеров; иногда менее 2% масс. синтетических полимеров; иногда менее 1% масс. синтетических полимеров; иногда без поддающегося обнаружению количества синтетических полимеров.

В некоторых примерах описанный в настоящем документе органический композитный материал содержит не более 3% масс. синтетических полимеров.

В некоторых примерах описанный в настоящем документе композитный материал не содержит не поддающихся обнаружению количеств синтетических полимеров при исследовании с использованием описанных в настоящем документе условий анализа ТГ-ДСК (ТГ-ДСК проводили в соответствии со стандартом ISO11358 (потеря веса > 5%) в условиях, описанных ниже).

В некоторых альтернативных примерах композитный материал содержит более 10% масс. синтетических полимеров, но в количестве от 10% масс. до 40% масс. от общей массы композитного материала. Композитный материал, описанный в настоящем документе, который содержит более 10% масс. синтетических полимеров, но до 40% масс. в настоящем документе обозначается термином «*композит со сниженным содержанием полимеров*».

В приведенном выше и ниже описании изложенного в настоящем документе объекта изобретения термин «*композитный материал*» относится в совокупности к *органическому композиту* и *композиту со сниженным содержанием полимеров*, а также к другим типам композитных материалов, которые входят в объем описанного в настоящем документе объекта изобретения.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения, композитный материал *со сниженным содержанием полимеров* содержит синтетические полимеры в количестве до 35% масс.; иногда в количестве до 30% масс.; иногда в количестве до 25% масс.; иногда в количестве до 20% масс.; иногда в количестве до 15% масс.; иногда в количестве от 10% масс. до 135% масс.; иногда в количестве от 10% масс. до 30% масс.; иногда в количестве от 10% масс. до 20% масс.

Синтетические полимеры, присутствующие в описанном в настоящем документе композитном материале (будь то органический композит или композит со сниженным содержанием полимеров), могут включать в себя один или более полиолефинов. Упоминание полиолефинов включает, без ограничений, полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), полипропилен (ПП) и любую их комбинацию.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения синтетические полимеры включают один или более полиакрилонитрилов.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения синтетические полимеры включают один или более полибутадиенов.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения синтетические полимеры включают один или более поликарбонатов.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения синтетические полимеры включают один или более полиамидов (ПА).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения синтетические полимеры включают один или более сополимеров этилена и винилового спирта (EVOH).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения синтетические полимеры включают один или более полиуретанов (ПУ).

В контексте настоящего описания, если синтетические полимеры включают ПЭТ, его количество составляет менее 5% масс. от общей массы композитного материала или даже менее 4% масс., или даже менее 3% масс., или даже менее 2% масс., или даже менее 1% масс., как дополнительно описано выше и ниже в настоящем документе.

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

Следует понимать, что использование в настоящем документе термина «менее» означает некоторое определенное количество, но также не поддающееся обнаружению количество, что определено с применением подходящего способа измерения, пригодного для анализируемого компонента. Например, если термин относится к синтетическим полимерам, количество «менее 5% масс.» означает также не поддающееся обнаружению

количество, определенное с помощью анализа ТГ-ДСК в соответствии со стандартом ISO11358 (потеря веса > 5%).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения композитный материал также содержит неорганическое вещество. Количество неорганического вещества, если оно присутствует в композитном материале, можно определить методом ТГ-ДСК в условиях, известных в данной области техники, методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС), или как описано в настоящем документе (например, в разделе «Примеры»).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения неорганическое вещество, присутствующее в композитном материале, находится в количестве до около 15% масс.; иногда в количестве до около 10% масс.; иногда в количестве до 5% масс.; иногда в количестве до около 4% масс., 3% масс., 2% масс. или даже до 1% масс. от общей массы композитного материала, что определяют методом ТГ-ДСК или методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения количество неорганического вещества может находиться в пределах любого диапазона между вышеуказанными нижним и верхним пределами. Например, неорганическое вещество может находиться в любом диапазоне в пределах от около 1% масс. до 15% масс., например от около 5% масс. до 10% масс., или от около 1% масс. до 10% масс., или от около 3% масс. до 8% масс. и т. д.

В некоторых примерах неорганическим веществом в композитном материале согласно описанному в настоящем документе объекту изобретения именуется материал, который обычно присутствует в коммунальных, бытовых и/или промышленных отходах. Это включает в себя, без ограничений, песок, камни, стекло, керамические и другие минеральные вещества, а также металлы, включая, например, алюминий, железо, медь.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения неорганическое вещество содержит силикаты. Если присутствует кремнезем, то его количество составляет не более 10 мг/г. В некоторых примерах количество оксида кремния в композитном материале составляет не более 7 мг/г, иногда не более 6 мг/г, иногда не более 5 мг/г, иногда не более 4 мг/г, иногда не более 3 мг/г, иногда не более 2 мг/г, иногда не более 1 мг/г.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения количество силикатов, а также других неорганических элементов можно определить с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС), подробные сведения о чем приведены в настоящем документе ниже в разделе «Примеры», который составляет неотъемлемую часть настоящего описания, и это количество дополнительно описано ниже.

Композитный материал характеризуется углеродным следом менее около -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, определенного в соответствии с методом оценки жизненного цикла (LCA) стандарта ISO14040: 2006.

В контексте описанного в настоящем документе объекта изобретения термин «углеродный след» используется для обозначения количества диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) или эквивалента CO<sub>2</sub>, выбрасываемого из композитного материала.

В контексте описанного в настоящем документе объекта изобретения термин «сокращение выброса углерода» или «компенсация выброса углерода» используется для обозначения действия или процесса компенсации выбросов диоксида углерода путем эквивалентного уменьшения содержания углекислого газа в атмосфере.

В контексте описанного в настоящем документе объекта изобретения, 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/YINQ0W7SUYOO2S6GU8E5DYVP2ZC2N3>).

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<sub>2</sub>) при рассмотрении периода 20 лет (GWP<sub>20</sub>), или в 34 раза выше в течение 100-летнего временного горизонта (GWP<sub>100</sub>) (см. в этой связи также [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter08\\_FINAL.pdf](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 контексте описанного в настоящем документе объекта изобретения определение предотвращенных выбросов может быть осуществлено 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. 1.

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

**Таблица 1А. Допущения для параметров модели**

<b>Параметр</b>	<b>Описание</b>	<b>Центральное значение</b>
<b>φ</b>	Поправочный коэффициент модели для учета неопределенностей модели	1,00
<b>f</b>	Доля метана, захваченного на SWDS	0,00
<b>OX</b>	Коэффициент окисления	0,00
<b>F</b>	Доля метана в газе SWDS	0,55

Параметр	Описание	Центральное значение
<b>DOC<sub>f</sub></b>	Доля разлагаемого органического углерода (DOC), которая может разложиться на полигоне через 100 лет	0,68*
<b>MCF</b>	Поправочный коэффициент для метана	0,9

\* Для расчета использовали средневесовое значение показателя DOC<sub>f</sub>, 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
<b>DOC<sub>j</sub> (%) в сухих отходах*</b>	45%	0%	44%	44%	30%	55%
<b>Скорость распада (k)**</b>	10%	0%	6%	6%	10%	8%

\* Значения DOC<sub>j</sub> 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 CO<sub>2</sub>, если разлагаются в присутствии кислорода, а в анаэробных условиях образуется более сильный парниковый газ метан (<https://www.epa.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](https://cdm.unfccc.int/Reference/Guidclarif/glos_CDM.pdf)).

**Углекислый газ (CO<sub>2</sub>)** — 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 (CO<sub>2</sub>-экв.)** — мера, используемая, чтобы выразить потенциал глобального потепления (GWP) других GHG, а также углеродный след процессов, видов деятельности или продуктов в единицах CO<sub>2</sub> ([https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Carbon\\_dioxide\\_equivalent](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 оценке жизненного цикла (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 (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>) 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 CO<sub>2</sub> и выражается в виде CO<sub>2</sub> CO<sub>2</sub>-экв. Поскольку различные газы имеют разные сроки жизни, GWP газа зависит от проанализированного периода времени. Газ с коротким сроком жизни относительно CO<sub>2</sub> 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](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf)).

**GWP<sub>20</sub>** — GWP за 20-летний период времени, в течение которого метан в 86 раз сильнее, чем CO<sub>2</sub> ([https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter08\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf)).

**GWP<sub>100</sub>** — GWP за 100-летний период времени, в течение которого метан в 34 раза сильнее, чем CO<sub>2</sub> ([https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter08\\_FINAL.pdf](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 устанавливает 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 LCA. 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](https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=ECOIL_Life_Cycle.pdf)).

На основании вышеизложенного было определено, что описанный в настоящем документе композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, а иногда не превышающий -11 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг. В некоторых примерах композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -12 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг. В некоторых примерах композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -13 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг. В некоторых примерах композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -14 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг. В некоторых примерах композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -15 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг. В некоторых примерах композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -16 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг. В некоторых примерах композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -17 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг. В некоторых примерах композитный материал имеет углеродный след, не превышающий -18 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения, когда композитный материал представляет собой *органический композит*, т. е. содержащий

до 10% масс. полимеров или даже по существу не содержащий полимеров, его углеродный след не превышает -11 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг; иногда не превышает -15 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг; иногда не превышает -18 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения, когда композитный материал представляет собой *композит со сниженным содержанием полимеров*, т. е. содержит от 10% масс. до 40% масс. полимеров, его углеродный след не превышает -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг; иногда не превышает -11 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг; иногда не превышает -11,5 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг.

Этот композитный материал можно объединять с добавляемыми извне синтетическими полимерами, например первичными полимерами, что дополнительно описано ниже. Примечательно, что в случаях, когда композитный материал объединяют с первичным полимером, таким как полипропилен (ПП) или полимолочная кислота (ПМК), композитный материал значительно уменьшает углеродный след синтетического полимера до уровня ниже углеродного следа синтетического полимера в отсутствие описанного в настоящем документе композитного материала. Это очевидно из примеров, не имеющих ограничительного характера, представленных в **таблицах 3А и 4**, где демонстрируется углеродный след органического (по существу не содержащего полимеров) композитного материала. Кроме того, из **таблицы 4** видно, что, когда органический / не содержащий полимеров композитный материал смешивали с 70% синтетического полимера, такого как ПП или ПМК, углеродный след этих двух полимеров уменьшался с 2,7 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг до -3,3 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг и с 3,8 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг до -2,6 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг соответственно.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения композитный материал имеет температуру начала потери массы на кривой термогравиметрического анализа (ТГА) не более 220 °С. Если композитный материал по существу не содержит полимеров, температура начала потери массы составляет не более 180 °С.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения композитный материал может быть охарактеризован его физическими свойствами в образце, который подвергнут литью под давлением с 70% масс. полипропилена (ПП).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем под давлением, характеризуется пределом текучести при растяжении (в соответствии с ISO-527-2) по меньшей мере 12 МПа; иногда по меньшей мере 13 МПа; иногда по меньшей мере 13,5 МПа.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем под давлением, характеризуется относительным удлинением при разрыве (общее удлинение, 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем под давлением, характеризуется ударной вязкостью по Изоду с надрезом (ударопрочность, в соответствии с ISO-180) по меньшей мере 2,8 кДж/м<sup>2</sup>; иногда по меньшей мере 2,9 кДж/м<sup>2</sup>; иногда по меньшей мере 3,0 кДж/м<sup>2</sup>; иногда по меньшей мере 3,1 кДж/м<sup>2</sup>.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем под давлением, характеризуется модулем упругости при изгибе (в соответствии с ISO-178) по меньшей мере 1000 МПа или иногда по меньшей мере 1100 МПа.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем под давлением, характеризуется напряжением изгиба (в соответствии с ISO-178) по меньшей мере 15 МПа; 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем под давлением, характеризуется плотностью (в соответствии с ISO-1183) около 0,97 г/см<sup>3</sup> или 0,98 г/см<sup>3</sup>.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения образец, полученный литьем под давлением, характеризуется индексом текучести расплава (MFI) 230 °C/2,16 кг (г/10 мин, в соответствии с ISO1130) более 25 г/10 мин.

Композитный материал получают способом, в котором используется гетерогенный входящий материал. В контексте настоящего описания термин «*входящий материал*» следует понимать как указание на вещество отходов, как правило, производное от домашних/бытовых отходов, которое содержит по меньшей мере 40% органического вещества.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения входящий материал получают из необработанных гетерогенных отходов. В контексте настоящего описания «*необработанные гетерогенные отходы*» следует понимать как материал, содержащий комбинацию гетерогенной смеси синтетических полимеров (пластиков) и несинтетического/неполимерного органического вещества, включая по меньшей мере целлюлозу и неорганическое вещество.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения необработанные гетерогенные отходы получают 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 необработанные гетерогенные отходы представляют собой комбинацию различных органических веществ, которые могут происходить из материала животного происхождения, растительного материала и т. д.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения материал необработанных гетерогенных 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. Иногда проводят магнитное разделение для отделения и удаления магнитных металлов и сплавов, иногда для отделения и удаления ферромагнитных материалов.

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 входящего материала.

В контексте описанного в настоящем документе объекта изобретения упоминание сушки следует понимать как удаление части воды из материала гетерогенных 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.

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 описанного в настоящем документе объекта изобретения 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения бактерии добавляют к гетерогенному материалу отходов (например, к материалу предварительно отсортированных отходов), чтобы вызвать или усилить процесс биосушки.

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.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения обезвоженные отходы затем измельчают 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения 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.

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

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения 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 описанного в настоящем документе объекта изобретения 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 собирают и/или передают на следующую стадию процесса.

Полученная легкая фракция содержит 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 различных типов веществ, в том числе 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.

Кроме того, было обнаружено, что метод разделения на основе NIR позволяет удалить гораздо больше синтетических полимеров, чем при удалении вручную. Таким образом, разделение на основе NIR обеспечивает не только возможность избирательного удаления полимеров, но также в количественном отношении позволяет достичь уровней синтетических полимеров ниже 5% масс., или даже ниже 4% масс., или даже ниже 3% масс., что невозможно при проведении только ручного разделения.

Разделение на основе NIR является контролируемым, а именно — возможно выборочное удаление полимеров из входящего материала. Результат разделения на основе NIR в настоящем документе называется термином *«входящий материал после разделения на основе NIR»*.

Таким образом, в некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения разделение на основе NIR осуществляется для выборочного удаления галогенированного полимера (например, поливинилхлорида (ПВХ)) и арилсодержащих соединений и/или полимеров с температурой плавления по меньшей мере 200 °С или выше. В этом случае полученный в результате входящий материал после разделения на основе NIR будет содержать низкое количество по меньшей мере ПВХ, полистирола (ПС) и, что более важно, ПЭТ. В частности, входящий материал после разделения на основе NIR, из которого по существу были удалены арилсодержащие соединения и галогенированные полимеры, содержит менее 5% ПЭТ, и необязательно менее 1% ПВХ, и/или менее 3% ПС. Этот входящий материал «со сниженным содержанием полимеров» далее используют для производства описанного в настоящем документе композитного материала (со сниженным содержанием полимеров или органического, в зависимости от степени удаления синтетических полимеров).

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

В некоторых предпочтительных примерах разделение на основе NIR осуществляют таким образом, чтобы обеспечить отделение арилсодержащих органических соединений и предпочтительно стирольных или полистирольных органических полимеров и по меньшей мере удаление большей части поддающихся обнаружению количеств полиэтилентерефталата (ПЭТ) или их полное удаление. Таким образом, разделение на основе NIR обеспечивает органический входящий материал, который содержит менее 5% масс. ПЭТ, иногда менее 4% масс., иногда менее 3% масс., иногда менее 2% масс., иногда менее 1% масс., иногда в количестве от 0% масс. до 3% масс. (0% масс. означает отсутствие поддающегося обнаружению количества ПЭТ, определенного в соответствии со стандартом ISO11358).

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

Входящий материал после разделения на основе NIR подвергают смешиванию при нагревании при сдвиговой нагрузке.

В некоторых примерах входящий материал после разделения на основе NIR подвергают высокоскоростному перемешиванию.

В некоторых примерах входящий материал после разделения на основе NIR подвергают экструзии.

В контексте настоящего описания нагревание при перемешивании при сдвиговой нагрузке не проводят в смесителе Бенбери.

Было обнаружено, что если входящий материал после разделения на основе NIR содержит до 10% масс. синтетических полимеров (т. е. по существу не содержит синтетических пластиков) и до 4% масс. ПЭТ, то предпочтительно проводить смешивание при нагревании в высокоскоростном смесителе. Фактически было обнаружено, что при содержании полимеров менее 10% масс. невозможно проводить обработку входящего материала в экструдере.

Высокоскоростное смешивание не проводится в экструдере. Это осуществляют в закрытом (герметичном) высокоскоростном смесителе, что позволяет перемешивать при повышенных температурах до 130 °C со скоростью по меньшей мере 2500 об/мин и при отрицательном давлении.

Если входящий материал по существу не содержит синтетических полимеров, смешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от 2500 об/мин до 4500 об/мин. В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от 3000 об/мин до 5000 об/мин. В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от 3000 об/мин до 4500 об/мин. В некоторых примерах перемешивание проводят в высокоскоростном смесителе со скоростью от 2500 об/мин до 4000 об/мин.

Кроме того, если входящий материал после разделения на основе NIR по существу не содержит синтетических полимеров, перемешивание в высокоскоростном смесителе проводят 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.

Кроме того, если входящий материал после разделения на основе NIR по существу не содержит синтетических полимеров, то высокоскоростное смешивание осуществляют при температуре до около 120 °С.

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

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

Смешивание в высокоскоростном смесителе производят в течение времени, достаточного для образования сухой смеси композитного материала с вышеописанными характеристиками. Продолжительность перемешивания будет зависеть от скорости перемешивания и отрицательного давления внутри смесителя.

В некоторых примерах при использовании входящего материала, не содержащего синтетических веществ, 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 и в течение периода времени от 30 минут до 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 удельной плотностью.

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

Без ограничений и в соответствии с одним конкретным примером высокоскоростной смеситель характеризуется следующими параметрами:

окружная скорость лопаток смесителя 45–60 м/с (лопатки смесителя предпочтительно защищены от истирания); температура для достижения реакции 90–130 °С; вакуум по меньшей мере 0,7 бар в течение всего времени работы; максимальная влажность в конце реакции -1%.

В некоторых примерах входящий материал после разделения на основе NIR содержит синтетические полимеры в количестве более 10% масс. (обычно до 40% масс.), и в этих случаях входящий материал подвергают экструзии.

В некоторых примерах условия экструзии включают в себя по меньшей мере следующие:

- внутренняя (рабочая) температура равна или составляет ниже 200 °С; иногда от около 150 °С до около 200 °С; иногда от около 120 °С до около 180 °С; иногда от 160 °С до 200 °С, иногда от 150 °С до 180 °С;
- минимальное время удерживания внутри экструдера составляет по меньшей мере 2,0 минуты; иногда по меньшей мере 2,5 минуты, иногда по меньшей мере 3 минуты, иногда по меньшей мере 3,5 минуты, иногда по меньшей мере 4 минуты, иногда по меньшей мере 4,5 минуты, иногда по меньшей мере 5 минут, иногда по меньшей мере 5,5 минуты, иногда по меньшей мере 6 минут, иногда по меньшей мере

мере 7 минут. Все же существует ограничение, что время удерживания не должно вызывать разложение или сгорание материала в процессе экструзии. Таким образом, в некоторых случаях время удерживания определяется как находящееся в пределах диапазона от около 2 до около 10 минут, иногда от около 3 минут до 7 минут, иногда от около 2,5 минуты до 10 минут, иногда от около 3,5 минуты до 8 минут, иногда от около 4,5 минуты до 8 минут, иногда от около 5,5 минуты до 7 минут, иногда от около 5,5 минуты до 6,5 минуты.

Экструдер, как правило, содержит нагретый барабан, содержащий вращающийся в нем один винт или множество винтов. В контексте настоящего описания можно использовать различные типы экструзии.

Без ограничений, накладываемых теорией, считается, что приложение силы сдвига к входящему материалу после разделения на основе NIR при температурах материала ниже 200 °С приводит к конверсии органического волокнистого материала (лигнин, целлюлоза, гемицеллюлоза и другие углеводы) в частично карбонизированные лигноцеллюлозные волокна, которые действуют как естественные «молекулярные стежки», объединяющие (связывающие) типы пластика и, в частности, полиолефины с различной полярностью, которые в противном случае разделяются на фазы и создают органический термопластичный композитный материал.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения экструзию выполняют в реакторном экструдере. Было обнаружено, что при использовании реактора по типу одношнекового экструдера минимальное время удерживания должно составлять по меньшей мере 3 минуты или по меньшей мере 4 минуты и предпочтительно по меньшей мере 5 минут или 5,5 минуты.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения экструдер выполнен с возможностью работы при 30–10 об/мин, иногда при 40–90 об/мин.

Рабочую температуру в процессе экструзии (т. е. внутреннюю температуру, иными словами, температуру экструдированного материала) можно регулировать с помощью термопары, такой как термопара типа J.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения экструдер оснащен по меньшей мере 2 или более вентиляционными зонами. Присутствие двух отдельных вентиляционных зон вдоль экструдера снижает количество летучих

органических соединений внутри экструдированного материала и предотвращает захват летучих соединений. Было обнаружено, что присутствие по меньшей мере двух вентиляционных зон является важным для предотвращения воздушных пустот в изделиях промышленного производства, изготовленных из описанного композитного материала (изделиях промышленного производства, представляющих собой формованные или экструдированные изделия).

Перед смешиванием при нагревании и сдвиговых нагрузках (будь то высокоскоростной смеситель, экструдер или другое) можно добавлять различные добавки к гетерогенному входящему материалу после разделения на основе NIR. Они включают в себя, без ограничений, любую одну или комбинацию стеарата цинка, стеарата кальция, антиоксидантов, УФ-стабилизаторов, пенообразующих веществ, пластификаторов, эластомеров, наполнителей, например тальк и карбонат кальция; антипирены и пигменты, такие как технический углерод, диоксид титана и другие пигменты, используемые в пластиковой промышленности.

Затем полученный композитный материал можно подвергнуть дополнительной обработке. Например, композитный материал можно контролируемым образом охладить, например путем воздействия на материал потока охлаждающего воздуха. Иногда это может обеспечить удаление дополнительного количества летучих веществ из композитного материала.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения композитный материал дополнительно рафинируют с использованием традиционных систем измельчения. Примечательно, что при использовании высокоскоростного смесителя уменьшение размера / измельчение обычно проводят во время высокоскоростного перемешивания.

В некоторых примерах размалывание включает в себя пропускание композитного материала через непрерывный процесс размалывания, например молотковую мельницу (например, тип 40/32 НА).

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения композитный материал подвергают процессу ударного измельчения, в котором высокоскоростные вращающиеся лопасти (ударные пластины) разбивают композитный материал об ограждающие стенки и друг об друга, а трение вызывает уменьшение размера.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения измельчение композитного материала может быть выполнено в «ножевой мельнице», например ROTOPLEX 50\100. Технология разработана с возможностью обеспечения высоких усилий резки с высокой пропускной способностью. С использованием принципа «ножниц» барабан с ножами перемещается с высокой скоростью перед противоположным ножом в охлажденной среде.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения измельчение выполняют с помощью комбинации двух или более методов измельчения, например сначала с использованием молоткового принципа измельчения и далее ударного принципа измельчения. Комбинация технологий обеспечивает уменьшение содержания порошкового концентрата до менее 1,5 мм.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения композитный материал подвергают переработке с целью уменьшения размера. Это можно осуществить либо внутри смесительного устройства, например при использовании высокоскоростного смесителя, либо после смешивания при нагревании, например при использовании экструдера. Если уменьшение размеров проводят отдельно от стадии перемешивания при нагревании, то можно применять комбинацию размалывающих устройств, предназначенных для измельчения экструдата в порошок (рафинированный композитный материал), и путем просеивания через сита с размером ячеек 900 мкм (0,9 мм) или 1400 мкм (1,4 мм) получают два набора порошков, один из которых имеет размер частиц менее 0,9 мм (в настоящем документе обозначен сокращением  $Q0,9$ ), а другой имеет размер частиц менее 1,4 мм (в настоящем документе обозначен сокращением  $Q1,4$ ). Желательно, чтобы композитный материал имел форму порошка с размером частиц в пределах нескольких миллиметров (от 0,1 мм до 10 мм или менее 10 мм) для последующих его применений независимо от способа получения композитного материала.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения полученный порошок просеивают, например с помощью систем вибрационных сит, которые просеивают частицы по размеру, с использованием отверстий разных размеров и разных диаметров.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения уменьшение размеров осуществляют до размера частиц ( $d_{90}$ ) 1,4 мм или менее. Иногда уменьшение размеров осуществляют до размера частиц ( $d_{90}$ ) 1,3 мм или менее; иногда

1,2 мм или менее; иногда 1,1 мм или менее; иногда 1,0 мм или менее; иногда 0,9 мм или менее, иногда 0,8 мм или менее; иногда 0,7 мм или менее.

В следующих не имеющих ограничительного характера примерах переработанный композитный материал, имеющий размер  $d_{90} \leq 1,4$  мкм, называется сокращенно Q1,4; а переработанный композитный материал, имеющий размер  $d_{90} \leq 0,9$  мм, называется сокращенно Q0,9.

Впоследствии композитный материал можно использовать в качестве термопластичного материала. Таким образом, в соответствии с некоторыми примерами композитный материал повторно нагревают до температуры выше 100 °С. В некоторых примерах композитный материал превращается в текучий расплав при нагревании до температуры выше 120 °С; иногда выше 130 °С; иногда выше 140 °С; иногда выше 150 °С; иногда выше 160 °С; иногда выше 170 °С; и даже выше 180 °С, иногда до любой температуры ниже 200 °С, при условии, что композитный материал не подвергается какому-либо разложению или сгоранию в результате нагревания.

Затем расплаву можно придать форму требуемого изделия промышленного производства с использованием любого известного метода, среди прочего, с использованием экструзии с раздувкой, формования, включая выдувное формование и ротационное формование. Таким образом можно изготавливать изделия определенной конфигурации. Например, композитный материал можно использовать для получения различных изделий промышленного производства, которые, как правило, получают из первичного пластика или переработанного пластика. Они включают в себя, например, цветочные горшки, облицовку домов, материалы для настила, напольные покрытия, мебель, ламинаты, поддоны, септические резервуары и т. п. В контексте настоящего описания изделие промышленного производства также относится к гранулам композитного материала в сочетании с пластиками для использования в качестве входящего материала в производстве пластиков.

Таким образом, в соответствии с описанным в настоящем документе объектом изобретения также предложен способ получения изделия промышленного производства, причем способ включает формирование расплава из одного или более синтетических полимеров (предпочтительно термопластичных полимеров) и описанного в настоящем документе композитного материала и придание расплаву формы изделия промышленного производства.

Кроме того, в соответствии с описанным в настоящем документе объектом изобретения предложен способ получения изделия промышленного производства, причем этот способ включает смешивание одного или более синтетических полимеров, причем каждый из одного или более синтетических полимеров имеет углеродный след, определенный в соответствии с ISO14040: 2006, с описанным в настоящем документе композитным материалом; причем указанное изделие промышленного производства характеризуется углеродным следом, который статистически значимо меньше, чем у указанного одного или более синтетических полимеров. В некоторых примерах описанного в настоящем документе объекта изобретения изделие промышленного производства соответствует описанию в настоящем документе.

Также дополнительно в соответствии с описанным в настоящем документе объектом изобретения предложен способ снижения углеродных выбросов, связанных с производством изделия промышленного производства, содержащего один или более синтетических полимеров, причем способ включает получение изделия промышленного производства из смеси указанного одного или более синтетических полимеров и композитного материала, содержащего (i) по меньшей мере 40% масс. гетерогенного органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное гетерогенное органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу, (ii) множество синтетических полимеров и (iii) до 15% масс. неорганического вещества;

причем указанный композитный материал содержит менее 5% масс. полиэтилентерефталата (ПЭТ) от общей массы композитного материала; и

при этом указанный композит имеет углеродный след менее около -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006.

Примеры и аспекты способов, описанных в настоящем документе, в совокупности называются в настоящем документе термином «способ».

В некоторых примерах описанного в настоящем документе способа один или более синтетических полимеров представляют собой термопластичные полимеры.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе способа один или более синтетических полимеров соответствуют описанию в настоящем документе, относящемуся к изделию промышленного аспекта.

В соответствии с некоторыми аспектами описанного в настоящем документе объекта изобретения получение изделия промышленного производства включает нагревание с образованием расплава.

В соответствии с некоторыми аспектами описанного в настоящем документе объекта изобретения получение изделия промышленного производства включает экструдирование смеси указанных одного или более синтетических полимеров и указанного композитного материала.

В соответствии с некоторыми аспектами описанного в настоящем документе объекта изобретения получение изделия промышленного производства включает литье под давлением смеси указанного одного или более синтетических полимеров и указанного композитного материала.

В соответствии с некоторыми аспектами описанного в настоящем документе объекта изобретения получение изделия промышленного производства включает компрессионное формование смеси указанного одного или более синтетических полимеров и указанного композитного материала.

Различные добавки, наполнители и т. п. могут быть добавлены к композитному материалу при повторном нагреве / повторной обработке в пригодные для использования изделия промышленного производства для придания изделию в конечном итоге определенных требуемых свойств после охлаждения. Примеры наполнителей могут включать в себя, без ограничений, песок, минеральные вещества, переработанный материал шин, бетон, стекло, древесную стружку, термореактивные материалы, другие термопластичные полимеры, гравий, металл, стеклянные волокна и частицы и т. д. Эти наполнители могут быть получены из переработанных продуктов, однако могут также использоваться исходные материалы, такие как исходные типы пластика (например, полипропилен и/или полиэтилен). Другие добавки могут быть добавлены для улучшения внешнего вида, текстуры или запаха композитного материала, такого как красители, маскирующие запах агенты (например, активированный уголь), окислители (например, перманганат калия) или антиоксиданты. Тем не менее следует отметить, что свойства композитного материала согласно настоящему описанию и его потенциальных вариантов использования достигаются без необходимости использования связующих веществ или пластификаторов, хотя они могут быть добавлены в некоторые из описанных в настоящем документе композитных материалов.

В некоторых примерах композитный материал повторно нагревают вместе с добавленными извне полиолефинами. В некоторых примерах композитный материал повторно нагревают с любым из полиэтилена и полипропилена. Повторно нагретую смесь можно экструдировать с получением гранул смеси, которые затем можно использовать в качестве *экологически безвредного* входящего материала при производстве пластиков из-за значительно более низкого углеродного следа по сравнению с полиолефинами, которые добавляются при повторном нагревании.

В некоторых примерах описанного в настоящем документе изделия промышленного производства или способа изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 10% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 15% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 20% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 25% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 10% масс., иногда по меньшей мере 20% масс., иногда по меньшей мере 30% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими)/пластиковым (-ыми) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 35% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 40% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 45% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 50% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 55% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами).

В некоторых примерах изделие промышленного производства или способ, описанные в настоящем документе, обеспечивают получение изделия промышленного производства, которое содержит не более 90% масс. композитного материала, смешанного

с синтетическим (-ими) полимером (-ами); иногда не более 85%. В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит не более 80% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит не более 75% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит не более 70% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит не более 65% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит не более 60% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит не более 55% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами). В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит не более 50% масс. композитного материала, смешанного с синтетическим (-ими) полимером (-ами).

В некоторых примерах изделие промышленного производства или способ, описанные в настоящем документе, обеспечивают получение изделия промышленного производства, которое содержит от около 10% масс. композитного материала до 90% масс. композитного материала. В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит от около 20% масс. композитного материала до 80% масс. композитного материала. В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит от около 30% масс. композитного материала до 60% масс. композитного материала. В некоторых примерах изделие промышленного производства содержит от около 20% масс. композитного материала до 80% масс. композитного материала.

Описанный в настоящем документе объект изобретения в соответствии с некоторыми примерами изделия промышленного производства или некоторыми примерами способа получения изделия промышленного производства относится к изделию, содержащему по меньшей мере 10% масс. указанного одного или более синтетических полимеров, иногда по меньшей мере 15% масс.; иногда по меньшей мере 20% масс.; иногда по меньшей мере 25% масс.; иногда по меньшей мере 30% масс.; иногда по меньшей мере 35% масс.; иногда по меньшей мере 40% масс.; иногда по меньшей мере 45% масс.; иногда по меньшей мере 50% масс.; иногда по меньшей мере 55% масс.; иногда

по меньшей мере 60% масс.; иногда по меньшей мере 65% масс.; иногда по меньшей мере 70% масс.

Описанный в настоящем документе объект изобретения в соответствии с некоторыми примерами изделия промышленного производства или некоторыми примерами способа изготовления изделия промышленного производства относится к изделию, содержащему по меньшей мере 5% масс. указанного композитного материала; иногда по меньшей мере 10% масс.; иногда по меньшей мере 15% масс.; иногда по меньшей мере 20% масс.; иногда по меньшей мере 25% масс.; иногда по меньшей мере 30% масс.; иногда по меньшей мере 35% масс.; иногда по меньшей мере 40% масс.; иногда по меньшей мере 45% масс.; иногда по меньшей мере 50% масс.; иногда по меньшей мере 55% масс.; иногда по меньшей мере 60% масс.; иногда по меньшей мере 65% масс.; иногда по меньшей мере 70% масс.; иногда по меньшей мере 75% масс.; иногда по меньшей мере 80% масс.; иногда по меньшей мере 85% масс.

В некоторых примерах изделие промышленного производства или способ его получения предусматривают добавление композитного материала к синтетическому полимеру в количестве от 20% масс. : 80% масс. до 80% масс. : 20% масс.; иногда в диапазоне от 30% масс. : 70% масс. до 70% масс. : 30% масс.; в диапазоне от 40% масс. : 60% масс. до 60% масс. : 40% масс.; иногда от около 50% масс. до около 50% масс.

В соответствии с некоторыми аспектами изделия промышленного производства или способа его получения один или более синтетических полимеров выбраны из группы, состоящей из полиолефинов и биоразлагаемых полимеров.

В некоторых примерах один или более синтетических полимеров включают первичные пластики.

В некоторых примерах первичный пластик содержит по меньшей мере полиолефин (например, ПП и/или ПЭ).

В некоторых примерах один или более синтетических полимеров выбраны из полипропилена (ПП) и полиэтилена (ПЭ).

В некоторых примерах, в особенности когда композитный материал содержит менее 10% масс. синтетических полимеров, композитный материал может быть смешан с

биоразлагаемым полимером с образованием биоразлагаемых изделий промышленного производства.

В некоторых примерах изделие промышленного производства смешивают с полимолочной кислотой (ПМК), биоразлагаемым полимером. Неожиданно было обнаружено, что когда композитный материал, который содержит менее 10% масс. синтетических пластиков (т. е. *органический композит*), смешивают с биоразлагаемым полимером, таким как ПМК, комбинированное изделие промышленного производства имеет уникальную биоразлагаемость, по существу аналогичную таковой у целлюлозы, и низкий углеродный след, как описано в таблице 4.

С учетом уникальной биоразлагаемости композитного материала, содержащего малые количества синтетических пластиков, он может применяться в различных областях, там, где существует интерес к использованию биоразлагаемых полимеров с низкими выбросами углерода / углеродным следом, например, без ограничений, в упаковочных изделиях, например упаковке для пищевых продуктов и предпочтительно в одобренной для пищевых продуктов упаковке.

Таким образом, композитный материал по настоящему описанию, а также материал, полученный путем смешивания композитного материала с типами пластика, можно таким образом обрабатывать посредством различных промышленных процессов, известных как таковые, с образованием различных полуфабрикатов или готовых продуктов.

Используемые в настоящем документе формы единственного числа включают в себя формы как единственного, так и множественного числа, если из контекста явно не следует иное. Например, термин «*вещество в виде частиц*» включает в себя один или более типов вещества в виде частиц, имеющих перечисленные характеристики.

Кроме того, в настоящем документе термин «*содержащий*» предназначен для обозначения того, что композитный материал содержит перечисленные компоненты, т. е. непластиковые органические вещества, типы пластика и неорганические вещества, но не исключая другие элементы. Термин «*состоящий по существу из*» используется для определения композитного материала, который содержит перечисленные элементы, но исключает другие элементы, которые могут иметь существенную значимость для свойств композитного материала. Таким образом, «*состоящий из*» означает исключение больше чем следовых элементов других элементов. Варианты осуществления, определенные каждым из этих переходных терминов, входят в объем настоящего изобретения.

Кроме того, все числовые значения, например количества или диапазоны компонентов, составляющих композитный материал или неоднородный потребляемый материал, описанный в данном документе, являются приближениями, которые варьируются (+) или (-) до 20%, иногда до 10% от указанных значений. Следует понимать, что даже если не всегда явно указано, всем числовым обозначениям предшествует термин «около». Например, термин «около 10%» следует понимать как охватывающий диапазон от 9% до 11%; термин около 100 °С обозначает диапазон от 90 до 110 °С.

Далее изобретение будет проиллюстрировано в последующем описании экспериментов, проведенных в соответствии с данным изобретением. Следует понимать, что эти примеры предназначены в качестве иллюстрации, а не ограничения. Очевидно, что в свете вышеизложенной идеи возможны многие модификации и вариации этих примеров. Таким образом, следует понимать, что в пределах объема прилагаемой формулы изобретения изобретение может быть реализовано на практике во множестве возможных способов, как конкретно описано ниже в настоящем документе.

## **НЕ ИМЕЮЩИЕ ОГРАНИЧИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА ПРИМЕРЫ**

В следующих не имеющих ограничительного характера примерах два типа композитных материалов были получены из бытовых отходов. В обоих случаях обработку гетерогенных отходов проводили с избирательным удалением пластиков с использованием NIR, и сюда входила предварительная сортировка, дробление и сушка. Кроме того, проводили аналогичные анализы на полученных двух примерах композитного материала.

В следующих примерах использовали различные устройства и системы. Следует понимать, что, хотя некоторые из устройств были сконструированы для целей настоящего изобретения, все они основаны на традиционных устройствах. Они включают в себя измельчитель, одношнековый экструдер, устройство для литья под давлением, пресс для формования прессованием и любое другое оборудование, в котором материал подвергается резке и/или нагреву, например, гранулятор, пресс-гранулятор, мельница и т. д.

### **Устройства и способы**

*Предварительная сортировка* — включает ручное удаление металлов, стекла и минеральных веществ.

*Металлический разделительный магнит* (IFE MPQ900 F-P) использовали для отделения железистого материала. 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.

**Вихретоковую систему** (магнит Вагнера 0429\0-37) использовали для разделения металлов. В частности, использовали вихретоковую ленту шириной 2,5 м с неодимовыми магнитами с высоким градиентом. Система полюсов была эксцентрично установлена внутри более медленного барабана ленты. Барабан ленты имеет внешнюю скорость от 1 до 3 м/с. Внутренний барабан перемещается со скоростью до 3000 об/мин. Это создает поле вихревых токов, которое отталкивает цветные металлы (которые таким образом удаляются), но притягивает и нагревает черные металлы. (Wagner Magnete 0429\0-37). Усилие разделения является наибольшим для алюминия и уменьшается для латуни, меди и далее для других цветных металлов.

Вихретоковый способ можно заменить металлодетекторами для достижения аналогичных результатов.

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 гетерогенные твердые натуральные бытовые отходы (HSNW), как правило, имеют высокое содержание воды / влажность от 25% до 50%. Следовательно, HSNW направляли на процесс сушки.

**Биосушка** (Compost Bio-Drying Systems). Биосушка была активирована бактериями и многоклеточными организмами, присутствующими в бытовых отходах. Этот процесс происходит посредством расщепления органического материала бактериями, которые вырабатывают тепло. Важно, чтобы бытовые отходы свободно расслаивались в контролируемых условиях и вентилировались точно определенным количеством воздуха. Этот воздух не должен быть слишком холодным или слишком влажным, а усилие обдува регулируется цифровым управлением. В течение нескольких дней и до 2 недель коммунально-бытовые отходы (MW) нагреваются и набирают тепло — до 70 °С.

Нагрев регулировали контролируемой подачей воздуха и устанавливали оптимальную температуру процесса от около 55 °С до 70 °С. Когда MW достигает уровня сухости от около 15 до 20% или даже от 15% до 18% содержания воды, активность бактерий значительно снижается, и процесс биосушки считается завершенным.

**Вторичная сушка** — вторую стадию сушки проводили в промышленной сушилке с роликовым настилом, работающей по принципу сушки горячим воздухом. Эта стадия сушки снижала уровень влажности до менее 10%.

**Измельчитель** (Vecoplan VA3 1300) использовали для преобразования в частицы высушенных отсортированных отходов. В частности, использовали два типа: первичную *предварительную дробилку* и *вторичный измельчитель*.

Предварительная дробилка определена одним, двумя, тремя или четырьмя валами, соединенными с гидравлическими или электромеханическими приводами. Характеристика первичных предварительных дробилок заключается в том, что для дробления отходов на мелкие части создается очень большое усилие. Недробимые материалы, которые мешают вторичному дроблению, могут быть отделены. Используемые измельчающие валы механически соединены с валами, и периферийная скорость валов является низкой.

**Вторичное измельчение** осуществляли с помощью 1 или 2 роторов, механически соединенных с износными инструментами и встречными лезвиями, перед роторами устанавливали ситовую корзину для контроля размера частиц.

**Систему воздушного сепаратора** (IFE UFS600X + 1000X) 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.

**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.

В результате селективной сортировки были получены отобранные гетерогенные отходы в виде твердых частиц, содержащие менее 1% ПВХ, менее 3% ПС и менее 5% ПЭТ.

Использовали *одношнековый экструдер* (тип F: GRAN 145). В частности, одношнековый экструдер имел следующие размеры: диаметр 145 мм, длину 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. Во время работы роторы, предотвращающие засорение бункера, поддерживали режим, *готовый к использованию* (RTW, т. е. отсортированные неоднородные отходы) в движении, что предотвращало засорение материала и обеспечивало сыпучесть. Подающий шнек автоматически активировался в зависимости от использования мощности экструдера.

После процесса экструдера материал был перемещен в регулируемую систему охлаждения с охлаждающим конвейером длиной 800 см и потоком воздуха 15 000 куб. метров в час.

*Высокоскоростной смеситель* — высокоскоростной смеситель с нагревом, работающий при 3000 об/мин и отрицательном давлении (0,7 бар в течение 40 мин, при температуре до 120 °С).

*Размалывающие устройства* — было использовано несколько размалывающих устройств для уменьшения размера конечного продукта, т. е. композитного материала.

*Молотковая мельница типа 40\32 HA* — молотковая мельница измельчает куски от низкой до средней твердости в непрерывном процессе, в котором материал подвергается процессу смешивания частиц при измельчении, что приводит к однородности.

*Ударная мельница (ULTRAPLEX UPZ 500)* — размер частиц был уменьшен до другого уровня за счет использования высокоскоростных вращающихся лопастей (ударных пластин), которые «ударяют» частицы о стенки и между собой, и при этом значительное трение между сторонами измельчителя (размольные дорожки) и ударной пластины

превращает материал в порошкообразную форму. Полученный порошок прошел через систему вибрационного сита, которая просеивает частицы по размеру с использованием отверстий разных размеров и разных диаметров.

Затем частицы уменьшенного размера транспортировались из молотковой мельницы через воздуходувки на следующую стадию измельчения, ударную мельницу.

*Ножевая мельница (ROTOPLEX 50\100)* — частицы размером 0,9 мм (и менее) и частицы 1,4 мм попадали в хранилище напрямую. Частицы размером более 1,4 мм подвергались дальнейшей обработке с использованием «ножевой мельницы» (ROTOPLEX 50\100). В частности, ножевая мельница выполнена с возможностью обеспечения высоких усилий резки при высокой пропускной способности. С использованием принципа «ножниц» барабан с ножами перемещается с высокой скоростью перед противоположным ножом в охлажденной среде. При помощи системы ножевой мельницы частицы (особенно волокна) были дополнительно уменьшены в размере до менее 1,4 мм.

*Элементный анализатор (Flash EA 1112)* — использовали для определения общего содержания углерода (C), водорода (H), азота (N), серы (S) и кислорода (O).

*Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR)* — Nicolet 6700, спектрофотометр для среднего инфракрасного диапазона. 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.

*Термогравиметрия (ТГ) — дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК)* — STA TG-DSC 449 F3 Jupiter® (NETZSCH-Geratebau) — одновременное применение ТГ и ДСК к одному образцу в приборе STA дает больше информации, чем отдельное применение ТГ и ДСК на двух разных инструментах. STA позволяет одновременно проводить количественный мониторинг массо- и термодинамических изменений, происходящих в испытываемом материале при нагреве. Сочетание МС с прибором для термического анализа позволяет определять материалы/компоненты, выделяющиеся во время эксперимента по нагреву. Таким образом, комбинация STA ТГ-DSC с МС обеспечивает уникальный простой инструмент для четкой экспериментальной характеристики химических реакций и фазового преобразования в широком диапазоне материалов. ТГ-ДСК проводили при следующих условиях:

Печь	-	Карбид кремния
Диапазон температур	-	От $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $1550\text{ }^{\circ}\text{C}$
Скорость нагрева	-	От $0,001\text{ К/мин}$ до $50\text{ К/мин}$
Скорость охлаждения	-	От $1540$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ : $60\text{ мин}$ (естественное охлаждение)
Диапазон взвешивания	-	$35\text{ г}$
Макс. исходная масса	-	$35\text{ г}$
Атмосферы	-	инертная ( $\text{N}_2$ , $\text{Ar}$ ), окислительная (сухой воздух), восстановительная ( $\text{Ar} + 5\% \text{ H}_2\text{su}$ ), вакуум
Встроенный регулятор массового расхода	-	для $2$ продувочных газов и $1$ защитного газа
Герметичная сборка для высокого вакуума	-	до $10^{-4}$ мбар ( $10^{-2}\text{ Па}$ )

**Газовая хроматография – масс-спектрометрия (ГХ-МС)** — образцы композитного материала анализировали после 24-часовой экстракции в свободном пространстве с использованием анализатора газовой хроматографии (ГХ) с последующей газовой хроматографией – масс-спектрометрией (МС). В частности, прибор ГХ Agilent 7890А был оснащен автоматическим пробоотборником, инжектором с разделением и без разделения и тремя детекторами: FID и ECD и TCD. Прибор ГХ был оснащен электронным управлением давлением и потоками газа.

**Испытания на растяжение** — свойства при растяжении определяли в соответствии с ISO 521-2:1996 с использованием образца типа A1: общая длина  $\geq 150\text{--}200\text{ мм}$ , длина узкой части с параллельными сторонами =  $80\pm 2\text{ мм}$ , радиус  $20\text{--}25\text{ мм}$ , расстояние между широкими частями с параллельными сторонами  $104\text{--}113\text{ мм}$ , ширина на концах =  $20\pm 0,2\text{ мм}$ , ширина в узкой части  $10\pm 0,2\text{ мм}$ , предпочтительная толщина  $4\pm 0,2\text{ мм}$ , расчетная длина  $50\pm 0,5\text{ мм}$  и начальное расстояние между зажимами =  $115\pm 1\text{ мм}$ .

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

**Ударная вязкость по Шарпи** — испытание на ударную вязкость по Шарпи проводили в соответствии со стандартом ISO 179 с использованием надреза, молоток 1 Дж (ударная прочность по Шарпи, образцы с надрезом по краю, согласно ISO 179, масса маятника 1 Дж).

**Испытания на изгиб** — испытание проводили с использованием способа ASTM D790 (ISO 178) при скорости испытания 5 мм/мин.

**Содержание золы** — зольность определяли по способу А ISO 3451. Использовали две порции для испытания по 5 г каждая и обжигали при  $950 \pm 500$  °С в течение 30 мин.

**Поверхностная энергия** — поверхностную энергию измеряли по стандарту ASTM D2578 с использованием ручек дин.

**Кислородный индекс** — кислородный индекс определяли в соответствии с ISO 4589-2.

**Плотность** — плотность измеряли с использованием MRC Laboratory Instruments (модель BPS750-C2V2) в соответствии с процедурой ASTM D792 = ISO1183-1 (типы пластика — способы определения плотности неклеточных типов пластика). Размер образца должен составлять по меньшей мере 1 см<sup>3</sup> и иметь толщину по меньшей мере 1 мм (на каждый 1 г массы).

#### **Пример 1 — получение композита со сниженным содержанием полимеров**

Смешанные бытовые отходы подвергали предварительной сортировке и биосушке, как описано выше. В отсортированном входящем материале, несмотря на то что количество пластика было снижено, оно все же составляло более 10% масс., таким образом, этот материал не рассматривали как «не содержащий полимеров».

Затем высушенные биосушкой коммунальные отходы подвергали измельчению для получения частиц отходов размером не более (вплоть до) 30 миллиметров. Частицы, измельченные на уровне и до 30 миллиметров, удаляли через специальную корзину, в то время как более крупные частицы продолжали вращаться в измельчителе, пока не достигали требуемого размера. Примечательно, что измельчение создавало некоторое трение, что еще больше уменьшало влажность на 2–3%. Измельченные частицы становились более однородными, что позволяло более эффективно работать на следующих стадиях процесса.

После измельчения некоторые из примесей, которые были «склеены» или захвачены измельченными частицами отходов, были высвобождены системой воздушного сепаратора, как описано выше. Из измельченного материала удаляли любые оставшиеся тяжелые частицы (металлы или минералы) (с получением «легкой фракции»).

Затем легкую фракцию подавали в систему разделения на основе NIR, описанную выше, где осуществлялось избирательное удаление галогенированных полимеров, таких как ПВХ, и арилсодержащих синтетических полимеров, таких как полистирол и/или ПЭТ.

После разделения на основе NIR получали отсортированный гетерогенный входящий материал (называемый в настоящем документе «входящий материал после разделения на основе NIR»).

Экструзия: входящий материал после разделения на основе NIR подвергали экструзии. Экструдер работал с рабочей температурой от 150 °С до 180 °С, временем пребывания 5–7 минут и скоростью вращения 60–90 об/мин.

После прохождения процесса экструдера полученный расплавленный материал охлаждали до 40 °С через охлаждающий конвейер (длина 800 см и поток воздуха 15 000 куб. метров в час).

Охлажденный композитный материал подвергали уменьшению размера / переработке размера путем пропускания его через молотковую мельницу, а затем через ударную мельницу, после чего измельченные частицы селективно просеивали с получением либо продуктов Q 0,9 (частиц размером до 0,9 мм), либо продуктов Q 1,4 (частиц размером до 1,4 мм).

## **Пример 2 — получение *органического композита***

Смешанные бытовые отходы подвергали предварительной сортировке и биосушке, как описано выше.

После отделения при помощи NIR по существу всех синтетических пластиков оставшийся материал органических отходов по существу не содержал никакого металла, неорганического и полимерного материала (и содержал, таким образом, по меньшей мере 90% органических веществ). Этот по существу сухой, состоящий из частиц, рассыпчатый, не содержащий синтетических веществ входящий материал использовали для переработки в высокоскоростном смесителе в требуемый органический композитный материал.

В частности, не содержащий синтетических веществ рассыпчатый органический входящий материал переносили в высокоскоростной смеситель с нагревом, выполненный с возможностью смешивания порошков. В этом отношении 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.

## Анализы

### Физические свойства

Композитный материал со сниженным содержанием полимеров и органический композитный материал анализировали для определения физических свойств, после чего добавляли 70% полипропилена (MFI 230 °С/2,16 кг полипропилена составлял 60 г/10 мин).

В **таблице 2** представлены различные исследованные свойства и стандарт испытаний, использованный для двух не имеющих ограничительного характера примеров композитного материала, описанных в настоящем документе.

Таблица 2. Физические свойства

		<b>30%: органический композит 70%: ПП</b>	<b>30%: композит со сниженным содержанием полимеров 70%: ПП</b>
	Стандарт		
Модуль упругости Юнга при растяжении (МПа)	ISO 527-2	1200	1480
Предел текучести при растяжении (МПа)		13,8	15,5
Предел текучести при напряжении (%)		2,9	2,9
Общее удлинение при растяжении (%)		3,8	4,1
Ударопрочность (кДж/м <sup>2</sup> )	ISO 180	3,1	4,8
Модуль упругости при изгибе (МПа)	ISO 178	1140	1280
Конечное напряжение изгиба (МПа)		25,0	28,5
Удельный вес (г/см <sup>3</sup> )	ISO 1183	0,98	0,97
MFI 230 °C/2,16 кг (г/10 мин)	ISO 1133	58	27

### Углеродный след

Углеродный след является мерой выброса парниковых газов при данной деятельности, например при производстве конкретного продукта, и выражается в метрических тоннах эквивалента выброшенного диоксида углерода (CO<sub>2</sub>-экв.).

Два различных композитных материала, приведенных в качестве примера в настоящем документе, оценивали на предмет их углеродного следа, причем последний определяли с помощью LCA (оценки жизненного цикла) 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 двух композитных материалов требует определения влияния процесса конверсии. В этом случае следует отметить, что при расчете углеродного следа для каждого 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.

Следующие не имеющие ограничительного характера примеры основаны на данных, полученных на предприятии, находящемся в Цеэлим в южном Израиле, где не требуется много энергии для получения различных снижающих выбросы углерода типов композитных материалов (например, со сниженным содержанием полимеров и органического) из-за доступности солнечного тепла для сушки. Таким образом, в условиях этого не имеющего ограничительного характера примера для получения каждого килограмма органического композитного материала требуется только 0,39 кВт·ч электроэнергии, что соответствует 1,40 МДж/кг.

Климатическое влияние структуры энергопотребления в Израиле составило 0,31 кг CO<sub>2</sub>-экв./МДж (GWP<sub>100</sub>) и 0,35 кг CO<sub>2</sub>-экв./МДж (GWP<sub>20</sub>). 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. 1**, из климатического влияния использованной для процесса превращения энергии (выше). Было обнаружено, что чистое воздействие композитного материала, описанного в настоящем документе, является отрицательным для обоих типов композитного материала.

В **таблице 3А** представлены предотвращенные выбросы и чистое влияние на климат *не содержащего синтетических веществ композитного* материала, содержащего 93,3% пищевых отходов и 6,7% неорганических веществ (округленные величины).

**Таблица 3А. Климатическое влияние не содержащего синтетических веществ композитного материала**

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

В **таблице 3В** представлены предотвращенные выбросы и чистое влияние на климат (округленные величины) для *композитного материала со сниженным содержанием полимеров* (т. е. содержащего около 65% неполимерных органических веществ и около 35% неорганических веществ).

**Таблица 3В. Климатическое влияние композитного материала со сниженным содержанием полимеров, содержащего более 10% полимеров**

Показатель потенциала глобального потепления (GWP)	Влияние процесса конверсии (кг CO <sub>2</sub> -экв./кг композита)	Предотвращенные выбросы (кг CO <sub>2</sub> -экв./кг композита)	Чистое климатическое влияние (кг CO <sub>2</sub> -экв./кг композита)
<b>GWP<sub>20</sub></b>	0,49	12,17	-11,69
<b>GWP<sub>100</sub></b>	0,43	4,81	-4,38

Для сравнения, углеродный след двух композитных материалов сравнивали с углеродным следом первичного полипропилена (ПП), первичной полимолочной кислоты (ПМК) и композитного материала, описанного в публикации WO10082202 (далее именуется как «*несортированный композит*»). Сравнение приведено ниже в **таблице 4**.

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

Таблица 4. Углеродный след

Композиция	Углеродный след (кг CO <sub>2</sub> -экв./кг)
100% полипропилен (ПП)	2,7
100% полимолочная кислота (ПМК)	3,8
100% <i>несортированный</i> композит*	-7,2
100% <i>органический</i> композит	-17,4
100% композит <i>со сниженным содержанием полимеров</i>	-11,7
70% ПП + 30% <i>органического</i> композита	-3,3
70% ПМК + 30% <i>органического</i> композита	-2,6

\*как описано в WO10082202

В таблице 3 четко показано, что *органический композит*, 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.

Аналогично в таблице 4 показано, что композит со сниженным содержанием полимеров имеет значительно большее влияние на окружающую среду, чем полимерный/органический композит.

Преимущества описанных в настоящем документе композитных материалов, которые по меньшей мере по существу не содержат ПЭТ, показаны в таблице 4 в сравнении с углеродными следами полимеров без композитного материала, которые имеют положительный углеродный след.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композитный материал для применения в снижении углеродных выбросов, причем композитный материал содержит (i) по меньшей мере 40% масс. гетерогенного органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное гетерогенное органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу, (ii) множество синтетических полимеров и (iii) до 15% масс. неорганического вещества;

причем указанный композитный материал содержит менее 5% масс. полиэтилентерефталата (ПЭТ) от общей массы композитного материала; и

при этом указанный композит имеет углеродный след менее около -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006.

2. Композитный материал для применения по п. 1, содержащий до 40% масс. синтетических термопластичных полимеров.

3. Композитный материал для применения по п. 1, содержащий до 5% масс. синтетических термопластичных полимеров.

4. Композитный материал для применения по любому из пп. 1–3, содержащий менее 1% галогенированных полимеров.

5. Композитный материал для применения по любому из пп. 1–4, причем указанное гетерогенное органическое вещество содержит органические гетерогенные отходы.

6. Композитный материал для применения по любому из пп. 1–5, содержащий по меньшей мере 0,1 мг/г ДНК, экстрагированной из раствора, содержащего 2% смеси хлороформ : изоамиловый спирт (24 : 1) (СТАВ).

7. Композитный материал для применения по любому из пп. 1–6, имеющий плотность от 0,9 г/см<sup>3</sup> до 1,2 г/см<sup>3</sup>.

8. Композитный материал для применения по любому из пп. 1–7, дополнительно в комбинации с по меньшей мере одним синтетическим полимером, причем комбинация демонстрирует углеродный след, который статистически значимо ниже, чем углеродный след отдельного синтетического полимера.

9. Композитный материал для применения по любому из пп. 1–8, который, если его образец подвергнуть литью под давлением с 70% масс. полипропилена (ПП), будет иметь по меньшей мере одно из следующего:

- модуль упругости при растяжении по меньшей мере 1000 МПа;

- модуль упругости при изгибе по меньшей мере 1000 МПа;
- прочность на изгиб по меньшей мере 15 МПа.

**10.** Изделие промышленного производства, содержащее комбинацию одного или более синтетических полимеров и композитного материала по любому из пп. 1–9, причем изделие промышленного производства демонстрирует углеродный след ниже общего углеродного следа одного или более синтетических полимеров.

**11.** Изделие промышленного производства по п. 10, содержащее по меньшей мере один термопластичный синтетический полимер.

**12.** Изделие промышленного производства по п. 10 или 11, содержащее по меньшей мере 10% синтетических полимеров.

**13.** Изделие промышленного производства по любому из пп. 10–12, имеющее отрицательный углеродный след.

**14.** Способ получения изделия промышленного производства, включающий формирование расплава из одного или более синтетических полимеров и композитного материала по любому из пп. 1–9 и формование из расплава изделия промышленного производства.

**15.** Способ получения изделия промышленного производства, включающий смешивание одного или более синтетических полимеров, причем каждый из одного или более синтетических полимеров имеет углеродный след, определяемый в соответствии с ISO14040: 2006, с композитным материалом, соответствующим определению, приведенному в любом из пп. 1–9; при этом указанное изделие промышленного производства характеризуется углеродным следом, который статистически значимо меньше, чем у указанного одного или более синтетических полимеров.

**16.** Способ по п. 15, причем один или более синтетических полимеров представляют собой первичные пластики.

**17.** Способ по любому из пп. 14–16, причем указанное изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 10% масс. указанного одного или более синтетических полимеров.

**18.** Способ по п. 17, причем указанное изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 30% масс. указанного одного или более синтетических полимеров.

**19.** Способ по любому из пп. 15–18, причем указанные один или более синтетических полимеров выбраны из группы, состоящей из полиолефинов и биоразлагаемых полимеров.

**20.** Способ по п. 19, причем указанные один или более синтетических полимеров выбраны из полипропилена (ПП), полиэтилена (ПЭ), полимолочной кислоты (ПМК).

**21.** Способ по любому из пп. 14–18, причем указанное изделие промышленного производства содержит по меньшей мере 10% масс. указанного композитного материала.

**22.** Способ по любому из пп. 14–20, включающий любой из или комбинацию процессов экструдирования, литья под давлением, компрессионного формования смеси указанного одного или более синтетических полимеров и указанного композитного материала.

**23.** Способ снижения углеродных выбросов, связанных с получением изделия промышленного производства, содержащего один или более синтетических полимеров, причем способ включает получение указанного изделия промышленного производства из смеси указанного одного или более синтетических полимеров и композитного материала, содержащего (i) по меньшей мере 40% масс. гетерогенного органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное гетерогенное органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу, (ii) множество синтетических полимеров и (iii) до 15% масс. неорганического вещества;

причем указанный композитный материал содержит менее 5% масс. полиэтилентерефталата (ПЭТ) от общей массы композитного материала; и

при этом указанный композит имеет углеродный след менее около -10 кг CO<sub>2</sub>-экв./кг, определенный в соответствии с ISO14040: 2006.

**24.** Способ по п. 23, причем указанная смесь содержит по меньшей мере 10% масс. по меньшей мере одного синтетического полимера.

**25.** Способ по п. 23 или 24, причем указанная смесь содержит по меньшей мере 10% масс. указанного композитного материала.

ФИГ. 1

$$\left. \begin{aligned}
 & BE_{CH_4, SWDS, y} \\
 & \left. \right\} = \phi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{fy} \times MCF_y \times \sum_{k=1}^y \sum_j (W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-kj} \times (y-x) \times (1 - e^{-kj}))
 \end{aligned}
 \right\}$$

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)