ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70083— 2022

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Обращение с отходами. Руководящие принципы обращения с пищевыми отходами

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 231 «Отходы и вторичные ресурсы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 апреля 2022 г. № 254-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения. 1
4 Подходы к организации сбора из различных источников 3
5 Направления утилизации пищевых отходов посредством применения биотехнологических процессов 4
Библиография 9

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Обращение с отходами. Руководящие принципы обращения с пищевыми отходами

Resource saving.
Waste management. Guidelines for food waste management

Дата введения — 2022—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные принципы обращения с пищевыми отходами в рамках концепции экономики замкнутого цикла.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 113.15.01 Наилучшие доступные технологии. Рекомендации по обработке, утилизации и обезвреживанию органических отходов сельскохозяйственного производства

ГОСТ Р 55571 Удобрения органические на основе твердых бытовых отходов. Технические условия

ГОСТ Р 52808 Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Издание официальное

3.1

отходы (производства и потребления): Остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства.

Примечания

1 Отходами в целом являются материалы или предметы, от которых их владелец избавляется, хочет избавиться или должен избавиться.

2 Отходами производства и потребления являются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, образовавшиеся в процессе производства или потребления, а также утратившие свои потребительские свойства товары (продукция), которые не могут в дальнейшем быть использованы в месте их образования или обнаружения и от которых их собственник избавляется, имеет намерение или должен избавиться путем утилизации или удаления.

3 Отходами производства являются остатки сырья, материалов, веществ, полуфабрикатов, изделий и иных продуктов, образовавшиеся в процессе производства продукции и/или выработки энергии или выполнения работ (услуг) и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства; образующиеся попутные вещества, не являющиеся целью производства и не находящие по своим характеристикам применения в технологическом процессе, в том числе бракованная продукция; вмещающие и вскрышные породы, образующиеся при добыче полезных ископаемых; побочные и попутные продукты; улавливаемые при очистке отходящих технологических газов и сточных вод твердые вещества; сельскохозяйственные отходы.

4 Отходами потребления являются все образующиеся в результате потребления и/или эксплуатации готовой продукции виды отходов, включая твердые бытовые отходы, медицинские и биологические отходы, упаковочные отходы, а также отходы, образующиеся при функционировании культурно-бытовых, учебных учреждений, организаций и предприятий торговли и общественного питания и других предприятий и организаций общественного назначения; остатки веществ, материалов, предметов, изделий, частично или полностью утратившие свои первоначальные потребительские свойства в результате физического или морального износа в процессах потребления и/или эксплуатации, а также получившие несовместимые с их дальнейшим использованием повреждения в результате нештатных ситуаций.

[ГОСТ Р 54098—2010, пункт 3.1.6]

3.2

пищевые отходы: Продукты питания, утратившие полностью или частично свои первоначальные потребительские свойства в процессах их производства, переработки, употребления или хранения.

[ГОСТ 30772—2001, пункт 3.22]

3.3

биологические отходы: Биологические ткани и органы, образующиеся в результате медицинской и ветеринарной оперативной практики, медико-биологических экспериментов, гибели скота, других животных и птицы, и другие отходы, получаемые при переработке пищевого и непищевого сырья животного происхождения, а также отходы биотехнологической промышленности.

[ГОСТ 30772—2001, пункт 3.23]

3.4

разложение (материала использованной упаковки) (degradation): Необратимый процесс, ведущий к существенному изменению физико-химической структуры материала использованной упаковки, как правило, характеризуемый потерей исходных функциональных свойств (например, целостности, механической прочности), изменением молекулярной массы или структуры и/или разделением на фрагменты.

Примечание — Процесс разложения использованной упаковки зависит от условий окружающей среды и происходит за период времени, включающий в себя один или более этапов разложения.

[ГОСТ Р 54529—2011, пункт 5.1]

3.5

биоразложение (использованной упаковки) (biodegradation): Разрушение использованной упаковки, вызванное биологической активностью микроорганизмов, ведущей к существенному изменению физико-химической структуры материала упаковки.

Примечания

1 Биоразложение (биодеградация, биологический распад) в общем случае представляет собой распад какого-либо вещества в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Конечным результатом этого процесса являются устойчивые, простые соединения (такие как вода и углекислый газ), т.е. происходит разделение органических химических соединений вещества с помощью микроорганизмов на углекислый газ, воду и минеральные соли любых других присутствующих элементов (минерализация) и новую биомассу в присутствии кислорода либо разделение на углекислый газ, метан, минеральные соли и новую биомассу в отсутствие кислорода.

2 Различают два вида биоразложения материалов: аэробное и анаэробное.

3 Биоразлагаемость является потенциальным свойством материала, способного к биоразложению в заданных условиях, и характеризуется набором параметров, позволяющих материалу пройти процесс биоразложения до определенной степени в заданный промежуток времени, с применением стандартных методов испытаний и измерений.

4 Вещества техногенного происхождения, не поддающиеся биоразложению, попадая в почву в качестве отходов, ухудшают экологическую обстановку, поэтому ученые прилагают специальные усилия для того, чтобы придать многим синтетическим материалам свойство биоразложимости (биоразлагаемости) в целях уменьшения объема отходов и предупреждения или снижения загрязнения окружающей среды.

[ГОСТ Р 54529—2011, пункт 5.2]

3.6

аэробное разложение (компостирование) (aerobic composting): Биологическое разложение органических веществ какого-либо материала с потреблением свободного кислорода или воздуха в процессе жизнедеятельности микроорганизмов.

Примечания

1 Процесс аэробного разложения осуществляется в аэротенках, окситенках и др.

2 Продуктами разложения являются биогенные вещества — нитраты, фосфаты, вода.

3 Декомпозиция отходов аэробным путем (компостирование) проявляется в уменьшении объемов твердого органического субстрата, подлежащего биодеградации, для чего используют специально селекционированные микроорганизмы.

[ГОСТ Р 54530—2011, пункт 3.6]

3.7

анаэробное разложение (биогазификация) (anaerobic biogasification): Биологическое разложение органических веществ какого-либо материала при отсутствии потребления свободного кислорода или воздуха в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, способных выживать за счет выделения энергии из глюкозы или других питательных веществ в отсутствие кислорода.

Примечания

1 Декомпозиция отходов анаэробным путем (с образованием биогазов) проявляется в уменьшении объемов твердого органического субстрата, подлежащего биодеградации, для чего используют специально селекционированные микроорганизмы.

2 Основные продукты распада: диоксид углерода, метан и большое число микробных клеток.

3 В природе процесс распада протекает в гнилостной среде.

4 Только крупные канализационно-очистные сооружения используют выделившийся метан как источник энергии; небольшие очистные сооружения, имеющие реакторы, могут сжигать газ или использовать его для подогрева самих реакторов, так как анаэробный процесс сопровождается выделением энергии.

[ГОСТ Р 54530—2011, пункт 3.7]

4 Подходы к организации сбора из различных источников

Помимо сбора смешанных отходов, который серьезно ограничивает возможные варианты дальнейших обработки и утилизации, для пищевых отходов практикуются различные схемы сбора. Сбор с разделением по источникам (сбор по отдельному источнику) означает, что целевым объектом являются

только пищевые отходы, а не пластмассы или другие не поддающиеся биологическому разложению отходы.

Раздельный сбор может быть организован различными способами:

- «от двери до двери»;
- сбор в централизованных или децентрализованных (дорожных/районных) контейнерных системах.

Решение о том, следует ли вводить систему раздельного сбора и выбор лучшей системы, являются ключевыми вопросами, на которые необходимо ответить перед планированием организации системы обращения с пищевыми отходами. Надлежит определить, уместен ли раздельный сбор пищевых отходов. Возможность организации раздельного сбора зависит:

а) от адаптации схем сбора к местным условиям (плотность населения является важным элементом, поскольку сбор может быть сложно реализовать в густонаселенных районах из-за недостатка места для хранения нескольких потоков отходов и в удаленных районах сельской местности);

б) климатических условий, которые могут играть решающую роль в принятии решения о частоте сбора.

В зависимости от температуры и/или влажности сбор пищевых отходов будет происходить более или менее часто с целью предотвращения образования запаха и других санитарно-эпидемиологических проблем. Это относится и к несортированным твердым коммунальным отходам.

Для компостирования и анаэробного сбраживания требуется организация раздельного сбора пищевых отходов по типу собираемых потоков отходов: садовые отходы, садовые и пищевые отходы или пищевые отходы. Садовые отходы имеют характеристики, которые сильно отличают их от пищевых отходов, в том числе:

- низкое гниение и в целом низкий уровень влажности;
- обычно более низкая плотность;
- производительность, меняющаяся в течение года;
- варианты последующей обработки и существующая инфраструктура сбора, обработки и утилизации;
- рынок компоста и других вторичных ресурсов (биогаз, дигестат, топливо из отходов).

Сбор пищевых отходов от домашних хозяйств и коммерческой деятельности является ключевым в обеспечении сырьем биогазовых установок.

Для производства биогаза из биоотходов посредством анаэробного сбраживания схемы сбора, которые могут ограничить количество объемных, сухих садовых отходов, как правило, предпочтительны, поскольку жидкое и жирное содержание пищевых отходов приводит к образованию большого количества биогаза на тонну свежего материала.

Одним из основных источников образования пищевых отходов в городах является коммерческая деятельность сектора отелей/ресторанов/точек общественного питания. Раздельный сбор относительно прост и заключается в оснащении каждого пользователя одним или несколькими мусорными баками на колесиках исключительно для пищевых отходов и планировании режима сбора. Такой подход позволяет получить относительно большое количество пищевых отходов у ограниченного числа так называемых крупных производителей.

Первым шагом и задачей местных властей при организации сбора пищевых отходов у домашних хозяйств является обеспечение контейнерами и контейнерными площадками. В схемах, направленных на сбор значительного количества пищевых отходов от домашних хозяйств, используются приспособления для сбора, специально разработанные с учетом потребностей, чтобы перехватывать очень влажные и легкоусвояемые, разлагаемые отходы.

5 Направления утилизации пищевых отходов посредством применения биотехнологических процессов

Существующие методы биотехнологической утилизации пищевых отходов можно разделить на две основные группы: компостирование и анаэробное сбраживание.

5.1 Компостирование

Можно компостировать различные материалы, включая твердые коммунальные отходы, сельскохозяйственные отходы в соответствии с ГОСТ Р 113.15.01. Бумагу, пищевые отходы, осадки сточных вод и смеси этих отходов в соответствии с [1], [2].

Компостирование является одной из основных экологических технологий, которые могут применяться для биоконверсии больших количеств органических отходов. Компостирование — это достаточно зрелая технология, которая веками использовалась фермерами для превращения биоразлагаемых садовых, сельскохозяйственных, садовых и пищевых отходов в богатый питательными веществами материал для дальнейшего использования в качестве удобрения по ГОСТ Р 55571. С микробиологической точки зрения, это аэробное мезофильное и термофильное микробное разложение органических веществ до богатого гумусом, безопасного и относительно стабильного продукта, называемого компостом, который состоит из целлюлозы, лигнина, неорганических соединений и биомассы микроорганизмов, участвующих в компостировании.

Органический компонент твердых отходов разлагается микроорганизмами в контролируемых аэробных условиях при определенной влажности и температуре. В результате компостирования органические формы азота и фосфора превращаются в неорганические формы, которые более биодоступны для поглощения сельскохозяйственными культурами. Тепло, выделяемое при биоокислении, обладает бактерицидным действием на патогенные микроорганизмы.

Компостирование представляет собой сложный микробиологический процесс, при котором различные группы микроорганизмов разлагают органические отходы. Последовательность микробиологического разложения состоит из следующих фаз:

- скрытой фазы (температура окружающей среды 20 °С): микроорганизмы адаптируются к условиям компостирования, таким как температура, влажность, аэрация и т. д.;
- мезофильной фазы (20 °С — 40 °С), фазы интенсивного роста микроорганизмов, что приводит к повышению температуры вследствие окисления органических соединений мезофильными бактериями и термотолерантными грибами;
- начальной термофильной фазы (40 °С — 60 °С), сопровождающейся ростом термофильных бактерий, актиномицетов и грибов;
- термофильной фазы (60 °С — 80 °С): наблюдается рост термофильных и спорообразующих бактерий, серо- и водородоокисляющих автотрофов и аэробных, не образующих спор бактерий. В конце этой фазы температура падает до 40 °С;
- фазы охлаждения и созревания (от 40 °С до температуры окружающей среды), в которой бактерии, мезофильные/термотолерантные актиномицеты и грибы участвуют в круговороте питательных веществ и деградации микробных метаболитов, токсичных для растений.

Наполнители для компостирования могут включат древесную щепу, листья, початки кукурузы, кору, арахисовую и рисовую шелуху, высушенный активный ил или пластиковые гранулы. Древесная щепа является наиболее часто используемым наполнителем при компостировании, так как она имеет высокое содержание углерода и высокое отношение C/N.

Наполнитель выполняет следующие функции:

- является носителем-подложкой для микроорганизмов;
- обеспечивает доступ кислорода во время компостирования;
- снижает величину теплообмена между зонами разогревания компоста и воздушной средой из-за пористости.

5.1.1 Типы систем компостирования

Существует три основных типа систем компостирования: компостирование в компостных рядах, в аэрируемых буртах и компостирование в реакторах.

Компостирование в компостных рядах включает укладку органических отходов в валки для естественного биоразложения без ворошения. Валки — это длинные, узкие, параллельные ряды со смешанными органическими отходами высотой 1—2 м, которые периодически переворачивают для обеспечения доступа кислорода. Ворошение происходит чаще в начале компостирования, когда для биодеградации органики требуется больше кислорода. Из-за ворошения в компостируемых отходах не может быть достигнута температура выше 60—70 °С. Мезофильная фаза длится при статических компостных рядах в течение нескольких дней, термофильная — от нескольких дней до нескольких месяцев, а продолжительность фазы охлаждения и созревания составляет несколько месяцев. Компостирование в компостных рядах длится 50—80 дней. Валки обычно используют для больших объ-

емов отходов, они находятся под навесом и требуют больших площадей. Использование компостных рядов характеризуется низкими капитальными затратами. Получается компост хорошего качества. К недостаткам относятся образование неприятного запаха и фильтрата, затраты на ворошение, потеря аммиака и возможное распространение аллергических грибковых спор в воздухе во время ворошения.

В аэрированных статических компостных рядах воздух подается через перфорированные трубы воздуходувками. Это — наименее дорогой метод компостирования, который можно использовать для небольших процессов. Скорость биодеградации зависит от погодных условий и не обеспечивает уменьшения количества патогенов из-за плохого перемешивания.

При компостировании в реакторе, также известном как механическое компостирование или компостирование в закрытом реакторе, используется закрытый реактор для биоконверсии органических отходов с контролем температуры и надлежащей подачей воздуха. Такие реакторы занимают небольшие площади, не происходит распространения неприятного запаха. Эффективность процесса компостирования не определяется погодными условиями, но его стоимость выше, чем стоимость открытых систем.

Продолжительность этого процесса составляет 14–19 дней. Созревание продукта осуществляется в компостных валках, расположенных за пределами реактора. Стоимость компостирования в реакторах выше, чем компостирование в аэрируемых буртах и валках, что ограничивает их использование при больших объемах органических отходов.

5.1.2 Оптимальные параметры для компостирования

Основными параметрами для компостирования являются влажность, отношение C/N, аэрация, температура, pH, размер частиц, добавки и время обработки. Оптимальная влажность компостируемого материала должна составлять 60 %, но процесс можно проводить в диапазоне 40—70 %. Содержание влаги выше 70 % снижает скорость органического разложения, способствует образованию анаэробных условий и появлению запаха. Содержание влаги в рисовых, фруктовых и овощных пищевых отходах составляет около 90 %, в апельсиновой кожуре — 76 %, а в опилках — 25 %.

Соотношение C/N материала должно составлять от 25:1 до 35:1. Более высокое соотношение C/N снижает скорость процесса, более низкое приводит к потере азота.

Разные отходы имеют разные соотношения C/N, например: осадок сточных вод — от 6:1 до 8:1, пищевые отходы — 15:1, фруктовые отходы — 35:1, отходы зеленых растений и сорняки — с 11:1 до 20:1, опилки — 500:1. Чтобы получить желаемое соотношение C/N, можно использовать смесь отходов.

Дополнительная аэрация может улучшить процесс компостирования. Аэрация обеспечивается путем ворошения, смешивания и использования вентиляторов, воздуходувок и компрессоров. Во время термофильной фазы компостирования оптимальной считается подача воздуха от 0,6 до 1,8 $м^3$ на 1 кг летучих твердых веществ. Для улучшения массообмена кислорода и углекислого газа между воздухом и материалом могут использоваться наполнители, опилки и щепа. Температура в диапазоне не менее 55 °C — 60 °C должна поддерживаться в течение нескольких дней для инактивации патогенных микроорганизмов, паразитов и семян сорняков. Однако температура выше 70 °C может вызвать инактивацию микроорганизмов и замедлить или остановить процесс компостирования.

Оптимальные уровни pH компостирования составляют от 7,0 до 8,0. Размер частиц сильно влияет на скорость биодеградации. Перед началом компостирования отходы необходимо измельчить до частиц размером менее 5 см. Меньший размер частиц обеспечивает наибольшую площадь поверхности и увеличивает массообмен между биоразлагаемым материалом и микроорганизмами.

Однако если частицы слишком малы, перенос кислорода может быть затруднен. В качестве дополнительных добавок могут быть использованы другие отходы для повышения эффективности компостирования и обеспечения оптимального соотношения C/N (активного ила — для уменьшения соотношения C/N, опилок — для увеличения), вода для поддержания оптимального содержания влаги, дополнительные источники азота, фосфора и других необходимых минеральных элементов, если в компостных материалах отсутствуют эти элементы, известь для обеспечения оптимального pH.

Время обработки зависит от характера материала и условий компостирования.

Пищевые отходы можно компостировать в течение нескольких месяцев, но компостирование садовых отходов может длиться от 9 до 12 месяцев. Компостирование пищевых отходов может занять год в статических компостных рядах, несколько месяцев — в валках и несколько недель в реакторах для компостирования. Конечный компост должен быть стабильным, богатым доступными питательными веществами для растений, относительно свободным от болезнетворных микроорганизмов, семян сорняков, ингибиторов роста растений, темно-коричневого или черного цвета и похожим на гумус по запаху и консистенции.

Полученный компост может быть применен в качестве добавки к почве для улучшения ее физических свойств, таких как структура почвы, водоудерживающая способность и пористость. Его можно использовать в качестве удобрения для обеспечения растений необходимыми питательными веществами, такими как азот, фосфор, калий и микроэлементы. Компост также можно использовать в качестве мульчи для деревьев, ландшафтов и садов.

5.1.3 Вермикомпостирование

Переработка небольших количеств органических отходов, таких как бытовые пищевые отходы и садовые отходы, может быть осуществлена вермикомпостированием. Вермикомпостирование основано на использовании дождевых червей для потребления растительной части пищевых отходов. Активность дождевых червей обеспечивает аэрацию и перемешивание субстрата, разложение субстрата, что приводит к стабилизации органического вещества и производству высококачественного компоста. 1 кг червей может утилизировать 4 кг отходов в неделю. Процесс осуществляется в контейнерах или бункерах. Смешение с другими отходами может привести к образованию анаэробных условий.

Патогенные микроорганизмы и цисты гельминтов присутствуют в компостируемых отходах и могут быть полностью или частично удалены во время компостирования. Если для компостирования используется осадок сточных вод, можно добавить Са $(OH)_2$ или CaO в течение 2 часов, чтобы повысить pH до 12 и убить патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов.

Тем не менее, вторичные патогенные микроорганизмы, такие как токсигенные грибы *Aspergillus fumigates*, *Aspergillus flavus* и некоторые актиномицеты, могут расти в компосте и выделять споры в воздух, что может негативно повлиять на здоровье тех, кто участвует в работах по компостированию.

Выделение запахов вследствие брожения и образования летучих жирных кислот при компостиировании может быть предотвращено путем эффективного перемешивания и аэрирования компоста и поддержания оптимальной влажности и температуры. При компостировании в реакторах газовоздушная смесь может быть обработана в биофильтрах.

5.2 Анаэробное сбраживание

Биометаногенез, или метановое «брожение», — давно известный процесс превращения биомассы в энергию в соответствии с ГОСТ Р 52808. Биогаз, получаемый из органического сырья в процессе биометаногенеза в результате разложения сложных органических субстратов различной природы при участии смешанной из разных видов микробной ассоциации, представляет собой смесь из 65 % — 75 % метана и 20 % — 35 % углекислоты, а также незначительных количеств сероводорода, азота, водорода. Теплотворная способность биогаза зависит от соотношения метана и углекислоты и составляет 5—7 ккал/м^3; 1 м^3 биогаза эквивалентен 4 квт/ч электроэнергии, 0,6 л керосина, 1,5 кг угля и 3,5 кг дров. Количество образующегося метана в биогазе зависит от содержания белка в сырье: чем оно больше, тем богаче биогаз метаном.

Неочищенный биогаз используют в быту для обогрева жилищ и приготовления пищи, а также применяют в качестве топлива в стационарных установках, вырабатывающих электроэнергию. Компримированный газ можно транспортировать и использовать (после предварительной осушки и очистки от углекислоты и сероводорода) в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания. Очищенный биогаз аналогичен по составу природному газу. В процессах биометаногенеза решается не только проблема воспроизводства энергии — эти процессы чрезвычайно важны в экологическим плане, так как позволяют решать проблему утилизации и переработки отходов различных производств и технологий, сельскохозяйственных и промышленных, а также бытовых, включая сточные воды и пищевые отходы [3].

Производство биогаза путем метанового «брожения» отходов — одно из возможных решений энергетической проблемы в большинстве сельских районов развивающихся стран. И хотя при использовании коровьего навоза только четверть органического материала превращается в биогаз, последний выделяет тепла на 20 % больше, чем его можно получить при полном сгорании навоза.

Наиболее крупными установками для получения биогаза можно считать свалки бытового мусора. О самой возможности использования метана, образующегося в таких мусорных кучах, задумались, когда стали искать способы для предотвращения взрывов и пожаров, возникающие в результате выделения в них газа. Кислород, оказавшийся в мусоре при образовании куч, быстро используется аэробными бактериями и грибами, в результате чего условия в них становятся анаэробными. Влажность поддерживается либо просачивающейся дождевой водой, либо грунтовыми водами. Если буферная способность материала достаточна для поддержания нейтральных значений pH, то складываются благоприятные

условия для образования метана. Газ выделяется в смеси с углекислым газом. Собирают его при помощи труб, проложенных в толще мусора под пленкой.

В процессах метаногенеза можно переработать самое разнообразное сырье — различную растительную биомассу, включая отходы древесины и несъедобные части сельскохозяйственных растений в соответствии с ГОСТ Р 113.15.01, отходы перерабатывающей промышленности, специально выращенные культуры (водяной гиацинт, гигантские бурые водоросли), жидкие отходы сельскохозяйственных форм, промышленные и бытовые стоки, ил очистных сооружений, а также мусор городских свалок. Важно, что сырье с высоким содержанием целлюлозы, трудно поддающееся переработке, также эффективно сбраживается и трансформируется в биогаз.

Реакторы, в которых осуществляется процесс биометаногенеза, называются метантенками.

Производство метана в процессе анаэробного сбраживания означает, что энергия, содержащаяся в сырье, может использоваться различными способами. Одним из наиболее распространенных методов является преобразование газа в электроэнергию и тепло с помощью теплоэлектроцентрали. Однако прежде чем газ можно будет использовать в двигателях внутреннего сгорания, его необходимо очистить. Сырой биогаз насыщен водой и содержит сероводород (H_2S), который в конечном итоге приведет к коррозии двигателей и других металлических, бетонных или деревянных элементов, которые подвергаются воздействию агрессивных компонентов газа. Чтобы обеспечить долговечность биогазовой установки и защитить ее узлы и детали от H_2S, необходимо провести десульфуризацию биогаза. Это может быть выполнено посредством добавления солей металлов в варочный котел, обеспечения внутреннего или внешнего биологического окисления (например, контролируемой подачей воздуха в варочный котел) или очистки биогаза адсорбирующими серу материалами (например, активированным углем).

Сушка газа — еще один распространенный шаг в процессе очистки. Популярным методом для этого является конденсационная сушка, во время которой биогаз охлаждается до температуры конденсация воды и улавливается в поддоне для конденсата. После этого процесса очистки биогаз пригоден для сжигания в системе теплоэлектроцентрали, в которой двигатель приводит в действие генератор. Тепло, выделяемое в процессе сгорания, также может собираться теплообменниками. Около четверти вырабатываемого тепла можно использовать для нагрева варочных котлов, оставшуюся часть — продать или использовать для различных целей, таких как обогрев сельскохозяйственных зданий и домов или сушка (например, сельскохозяйственных культур или древесины). Эта круглогодичная тепловая энергия особенно полезна для потребителей, которым требуется тепло круглый год, например, для общественных зданий, бассейнов, теплиц, пивоварен или других промышленных предприятий. Тепловая энергия также может использоваться для работы систем охлаждения, что будет привлекательным для стран с более жарким климатом.

Преимущество производства электроэнергии из биогаза — это гибкость при его использовании, поскольку хранить биогаз намного проще, чем электричество. Таким образом, электричество может производиться тогда, когда оно необходимо. Это оказывает стабилизирующий эффект на энергосистемы, потому что любые падения мощности от колеблющихся источников энергии (например, ветряных и фотоэлектрических систем) могут быть компенсированы.

Очищенный биогаз, известный как биометан, можно подавать непосредственно в существующую сеть природного газа и хранить в газовых резервуарах. Чтобы повысить качество биогаза до качества биометана/природного газа, необходимо удалить углекислый газ, содержащийся в биогазе, чтобы содержание метана в газовой смеси достигло высокой концентрации, часто более 96 %. Для этого существуют различные методы. После того, как биогаз преобразуется в биометан и, например, введен в газовую сеть, он может выполнять те же задачи, что и природный газ. Например, его можно использовать в качестве топлива для работы транспортных средств, сжимать в цилиндрах (например, для бытового использования) или использовать в теплоэлектроцентрали в месте, где произведенное тепло может быть наиболее эффективно перепрофилировано. Биометан может иметь очень положительное влияние на устойчивость транспортного сектора, поскольку выбросы углекислого газа от транспортных средств, работающих на чистом биометане, произведенном из отходов, примерно на 90 % ниже, чем выбросы транспортных средств, работающих на ископаемом топливе.

Библиография

[1] Соломин И.А. Организация системы управления муниципальными органическими отходами. //Природообустройство, 2019, № 2, с. 60—65

[2] Листов Е.Л., Пыстина Н.Б., Коняев С.В., Хохлачев Н.С., Никишова А.С., Липник С.И. Способ компостирования органической части пищевых отходов. Патент на изобретение RU 2558223 C1, 27.07.2015. Заявка № 2014113373/13 от 07.04.2014

[3] Панов С.Ю., Чернецкая А.А., Жучков А.В., Рязанов А.Н. Разработка научных основ технологии утилизации пищевых отходов методом анаэробного сбраживания. //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2013, № 4 (58), с. 200—204

УДК 658.5.015:006.354 ОКС 13.030

Ключевые слова: ресурсосбережение, обращение с отходами, вторичные ресурсы, компостирование, биогаз

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 04.05.2022. Подписано в печать 11.05.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru