

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ / CHEMICAL TECHNOLOGY

Оригинальная статья / Original article

УДК 628.474.76

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-1-92-98>**ОЧИСТКА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА УСТАНОВКИ
ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

© С.В. Гунич*, Е.В. Янчуковская**

*АО «Инновационно-технологические системы»,

107140, Российская Федерация, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 9.

**Иркутский национальный исследовательский технический университет,

664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

*Обоснована необходимость утилизации твердых бытовых и промышленных отходов пиролизическим методом, позволяющим уничтожить свалки без остатка и вреда для здоровья населения. Представлено описание опытно-полупромышленной установки переработки мусора мощностью до 1000 кг/сутки в составе цеха термоллиза мусороперерабатывающего комплекса. Показаны достоинства использования СВЧ-излучения для разложения углеродсодержащих компонентов отходов, содержащих преимущественно пищевые, полимерные, пластиковые, древесные, растительные, бумажные фракции влажностью от 30 до 40% на твердый углеродно-коксый остаток и газообразную фракцию. Описана система очистки отходящих дымовых газов, представленная стадиями каталитической адсорбции в адсорбере с неподвижным слоем катализатора; хемосорбции в мокром скруббере путем промывки дымовых газов водным раствором известкового молока; хемосорбции в мокром скруббере путем промывки водным раствором карбамида. Приведены результаты анализов проб пылегазовых выбросов на содержание в них полихлорированных дибензо-*p*-диоксинов, дибензофуранов, полиароматических углеводородов и оксидов. Показано, что концентрации вредных веществ не превышают предельно допустимых значений. Доказана полнота и эффективность технологии, отвечающей всем современным мировым нормам экологической безопасности.*

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, утилизация, сверхвысокочастотное излучение, дымовые газы, токсичные вещества, система очистки.

Формат цитирования. Гунич С.В., Янчуковская Е.В. Очистка продуктов сгорания топлива установки переработки твердых бытовых отходов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т.8, N.1. С. 92–98. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-92-98

**CLEANING OF FUEL COMBUSTION PRODUCTS
IN A SOLID DOMESTIC WASTE TREATMENT PLANT**

© S.V. Gunich*, E.V. Yanchukovskaya**

*Society "Innovative technological systems",

9, Verhnyaya Krasnoselskaya St., Moscow, 107140, Russian Federation

**Irkutsk National Research Technical University,

83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation

*This paper considers the use of pyrolysis for the disposal of solid domestic and industrial wastes without residues or threat to public health. A pilot semi-industrial waste processing plant with a capacity of up to 1000 kg/day as part of the thermolysis unit of a waste recycling complex is presented. The advantages of using microwave radiation for decomposition of carbon-containing wastes, including food, polymer, plastic, wood, vegetable and paper fractions having a 30-40% moisture content per solid carbon-coke residue and gaseous fraction, are shown. A system for purification of exhaust flue gases is described. This system involves the stages of catalytic adsorption in a fixed bed adsorber, chemisorption in a wet scrubber by flushing flue gases with lime water and chemisorption in a wet scrubber by washing with an aqueous solution of carbamide. The samples of dust and gas emissions are analysed in terms of the content of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins, dibenzofurans, polyaromatic hydrocarbons and oxides. It is shown that the concentrations of these harmful substances do not exceed the maximum permissible values. The potential and efficiency of the developed technology that meets modern international standards of environmental safety are demonstrated.*

Key words: solid waste, disposal, microwave radiation, smoke, gases, toxic substances, the purification system

For citation. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Cleaning of fuel combustion products in a solid domestic waste treatment plant. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2018, vol. 8, no 1, pp. 92–98 (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-92-98

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня, как никогда, актуальна одна из важнейших экопроблем – утилизация твердых бытовых (ТБО) и промышленных отходов (ПО), которые в основной массе просто сбрасываются на полигоны, а перерабатывается или сжигается лишь около 2% всего мусора. Между тем уже много лет существует уникальная технология термической переработки ТБО и ПО, которая не просто выдает дешевую электро-тепловую энергию, товарные продукты и безопасный строительный материал, но и позволяет уничтожать свалки без остатка и вреда для здоровья населения.

Под каждый вид сырья в зависимости от его характеристик: температуры возгорания и догорания, времени горения и других необходимо конкретное оборудование. Отечественные отходы представлены более чем 1700 различными компонентами, поэтому очень важен подбор необходимых аппаратов и топочного устройства [1]. Закупаемые за рубежом годятся только для отсортированного, более сухого (с влажностью 7%) мусора, отечественный имеет влажность 46–50%. Самое опасное в российских отходах – то, что пластмасса, пакеты разных видов, упаковка для продуктов и промышленных товаров – источники хлора с содержанием 67%, поэтому мусоросжигание на обычном типовом оборудовании должно быть запрещено. Без предварительной сортировки наши ТБО нельзя сжигать по тем проектам, по которым они уничтожаются на Западе, так как из-за содержания в них хлора и фторосодержащих компонентов наряду с продуктами неполного сгорания образуются ядовитые вещества.

При применении традиционных западных технологий к отечественному мусору недожог химический (газ) и физический (зола и шлак) составляет 27–29%. Таким образом, в воздух выбрасываются продукты неполного сгорания. При сжигании пластиковой упаковки образуется окись углерода, которая в присутствии хлора дает фосген, провоцирующий наряду с выбрасываемыми диоксинами и фуранами различные заболевания. Очистить же дымовые газы от этих компонентов стандартными фильтрами невозможно. Зола и шлак, образующиеся при одноступенчатом сжигании, имеют ядовитую концентрацию. Если строить под эти отходы хранилища, их стоимость будет приближена к стоимости радиоактивных могильников.

В силу особенностей отечественных ТБО и ПО (многокомпонентность, влажность, захлори-

рованность) перед сжиганием их необходимо высушивать и сортировать, т.е. разрабатывать и строить еще несколько технологических линий. В итоге стоимость утилизации и полученного тепла и электроэнергии вырастет. Так как почти треть отходов не дожигается, вредные газы выбрасываются в атмосферу, остаток хронится на спецполигонах – необходимы новые способы термической утилизации и соответствующее им оборудование [2]. Если будут разработаны технологии для самых «тяжелых» и грязных ТБО и ПО, то на легких они будут работать еще лучше [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В ООО «Инженерные Технические Системы» (г. Москва) при участии сотрудников кафедр Иркутского национального исследовательского технического университета и Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева проведены исследования, целью которых является создание инновационной технологии эффективной переработки ТБО и ПО в конечные целевые полезные продукты.

Разработана технологическая схема утилизации несортированных твердых бытовых и промышленных отходов в электромагнитном поле сверхвысокочастотного излучения (СВЧ-поле), создана опытно-полупромышленная установка мощностью до 1000 кг/сут. в составе цеха термолиза мусороперерабатывающего комплекса ООО «КомЭк», (г. Тамбов), с целью испытаний в реальных производственных условиях (рисунок).

Для экспериментальных исследований применялись ТБО, поступающие с ленточного конвейера «хвостов» сортировочной линии, содержащие преимущественно пищевые, полимерные, пластиковые, древесные, растительные, бумажные фракции влажностью от 30 до 40% [4].

Процесс СВЧ-термолиза осуществлялся 12 ч при температуре 950 °С с частотой излучения 2,5 ГГц, выходная мощность СВЧ-генератора – 5 кВт, режим облучения непрерывный с дискретными промежутками (для наиболее полного поглощения излучаемых волн) по 10 мин.

При активации СВЧ-излучением под воздействием высокой температуры в бескислородной среде происходит разложение углеродсодержащей фракции ТБО на твердый углеродно-коксый остаток и газообразную фракцию [5].



Общий вид установки СВЧ-термолиза

General view of microwave thermolysis installation

СВЧ-нагрев кардинально отличается от обычных способов подвода тепла. Трансформация электрической энергии в тепловую происходит не на поверхности, а в объеме. При воздействии СВЧ-излучения нет потери тепла, так как оно исходит из самой обрабатываемой массы, т. е. вся вырабатываемая энергия полностью поглощается отходами, поэтому стенки волноводов и рабочих камер остаются практически холодными. СВЧ-генераторы позволяют добиваться практически мгновенного нагрева вещества, хорошо поглощающего микроволны, до заданной температуры. Теоретический КПД преобразования СВЧ-энергии в тепловую близок к 100%. Отсутствие теплоносителя обеспечивает беспримесность процесса и безынерционность регулирования. Ускорение процессов в электромагнитном поле достигается также за счет термодиффузии [6].

Микроволновое излучение обладает стерилизующим действием в отношении стафилококков, кишечных палочек и других микроорганизмов. Причина этого эффекта заключается в том, что температура внутри продукта возрастает очень быстро при одновременном диэлектрическом нагреве протеинов и белков. Происходит так называемый «тепловой удар», уничтожающий микроорганизмы.

СВЧ-реактор не оказывает отрицательных воздействий на окружающую среду, особым достоинством СВЧ-нагрева является то, что не требуется существенной модернизации печей пиролиза.

С целью уменьшения числа аппаратов и сокращения необходимого объема реакцион-

ных зон предложено проводить пиролиз в секционных многокамерных печах, оборудованных СВЧ-генераторами, соединенных специальными волноводами из жаропрочных материалов. При этом решаются задачи снижения эксплуатационных затрат на проведение процесса термодеструкции отходов, увеличения скорости разложения отдельных компонентов, повышения качества образуемого углеродного остатка.

Установка имеет несколько технических узлов, каждый из которых представляет собой комплекс оборудования, опорных металлоконструкций и трубопроводно-арматурной обвязки [7].

Образующийся в процессе пиролиза синтез-газ после фракционирования, осушки, очистки от примесей направляется в качестве вторичного топлива на обогрев реакторного оборудования, в результате чего определенное количество вредных и токсичных компонентов, содержащихся в нем, окисляется, сгорает и выделяется в виде дымовых газов, что и обуславливает необходимость применения газоочистки.

Система очистки представлена рядом последовательных стадий: каталитическая адсорбция в адсорбере с неподвижным слоем катализатора; хемосорбция в мокром скруббере путем промывки дымовых газов водным раствором известкового молока концентрацией 15% масс; хемосорбция в мокром скруббере путем промывки водным раствором карбамида концентрацией 10% масс. Дымовые газы при этом охлаждаются с 400 °С до 80–120 °С.

Для связывания полиароматических хлор- и фторсодержащих углеводородов (диоксиноп-

одобные вещества, фурановые гомологи, бензапирены и т.д.) применяется специализированный катализатор, разработанный Российским химико-технологическим университетом им. Д.И. Менделеева непосредственно для высокотемпературной очистки дымовых газов от суперэкоксидантов и стойких органических загрязнителей, – прокаленное муллитокремнеземистое волокно с медно-кобальтовыми промоторами. Отработанный катализатор с обезвреженными веществами (класс опасности IV-V) по мере наработки отгружается на регенерацию заводу-изготовителю (повторный обжиг).

Двустадийная хемосорбция используется для удаления из отходящих дымовых газов соединений тяжелых металлов (железо, марганец, хром, никель, свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), которые преимущественно переходят в нерастворимые соединения; и так называемых «кислых газов» (оксиды азота, серы, углерода, аммиак, сероводород), которые нейтрализуются и выводятся со стоками на стадию локальной водоочистки.

Отработанный хемосорбент в процессе газоочистки принимает теплоту дымовых газов и нагревается до 80–90 °С. Далее в теплообменниках он охлаждается оборотной водой до 30 °С и разделяется на две части. Одну часть потока возвращают на хемосорбцию, другую направляют на вакуум-кристаллизацию с целью выделения из суспензии кристаллического сульфата аммония в качестве товарного продукта. Обезвоживание кристаллов проводят методом фильтрации через полупроницаемую мембрану.

Доочистка дымовых газов осуществляется в центробежных сепараторах и/или рукавных фильтрах с целью удаления влаги и диспергированных частиц.

Очищенные и охлажденные дымовые газы, не имеющие диоксинов, фуранов, фосгена, по вентканалу через газосбросную трубу выбрасываются в атмосферу, их расход – не более 40 м³/час. Степень термokatалитической очистки составляет 95%, степень хемосорбционной очистки – 95–98% [8].

Система водоочистки состоит из трех ступеней: установка физико-химической очистки с блоком флотации термолитических смол, сорбционные фильтры, отстойники. Сорбция осуществляется на активированном углеродном сорбенте, который периодически с целью регенерации поступает на завод-изготовитель. Флотошлам, содержащий остаточные смолы термолитиза и частицы углеродного вещества, направляется в печь СВЧ-термолитиза для повторной

термодеструкции. Очищенная вода сбрасывается в заводскую систему водоотведения либо в пруд-испаритель.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

СВЧ-технология позволяет утилизировать все виды и компоненты отходов, разрешенных законодательством РФ к захоронению на санкционированных полигонах (в том числе отходы IV-V класса опасности), мусоросортировочных станциях, мусоросжигательных заводах и т. д.

Она предназначена для переработки любых углеродсодержащих ТБО и ПО в два основных вида конечных продуктов: компоненты мазутной фракции (темное печное топливо) и углеродное вещество (аналог технического углерода, пирокарбон) [9]. Качество готовой продукции – углеродного вещества соответствует ГОСТ 7885-86, печного топлива – ТУ 38.101656-87.

Отбор проб пылегазовых выбросов установки термолитиза для анализа на содержание в пробах полихлорированных дибензо-*p*-диоксинов и дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ) проводился согласно МВИ ПНД Ф 13.1.65-08 «Методика выполнения измерений суммарного содержания полихлорированных дибензо-*p*-диоксинов и дибензофуранов в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-диоксин в пробах промышленных выбросов в атмосферу методом хромато-масс-спектрометрии». Результаты анализов в виде содержания токсичных 2,3,7,8-замещенных конгенов (пг/м³) в отходящих газах приведены в соответствующем протоколе¹. Там же представлены данные по суммарной токсичности пробы, рассчитанные с использованием международных коэффициентов токсичности конгенов ПХДД/ДФ, относительно 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-диоксина. Согласно международной практике, результаты измерений даны с корректировкой на приведение отходящих газов к стандартизованным условиям (содержание кислорода – 11% об., температура – 0 °С).

Как следует из результатов анализа, в отходящих газах зафиксировано наличие токсичных конгенов ПХДД/ПХДФ на уровне 4,5–15 пг/м³ в пересчете на суммарную токсичность. В настоящее время в России не существует норматива на предельно-допустимое содержание ПХДД/ПХДФ в отходящих газах установок сжигания. Нормативы, установленные в Западной Европе для термических печей и установок огневой утилизации отходов производства, смонтированных после 1992 г., предписывают содержание ПХДД/ПХДФ в выбросах не выше 100 пг/м³ в диоксиновом эквиваленте токсичности.

¹ Протокол количественного химического анализа ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун», N 264-12-13.

Protokol kolichestvennogo khimicheskogo analiza IPM FGBU NPO «Taifun» [Report on quantitative chemical analysis NPO «Taifun»], no. 264-12-13.

Таким образом, проведенный анализ пылегазовых выбросов установки СВЧ-термолиза твердых бытовых отходов (г. Тамбов) показал, что содержание ПХДД/ПХДФ в отходящих газах не превышает европейских норм по величине токсичности выбросов термических установок по этому показателю.

Анализ проб на содержание полиароматических углеводородов по ГОСТ Р ИСО 12884-2007 «Воздух атмосферный. Определение общего содержания полициклических ароматических углеводородов (в газообразном состоянии и в виде твердых взвешенных частиц). Отбор проб на фильтр и сорбент с последующим анализом методом хромато-масс-спектрометрии» не зафиксировал в выбросах наличия бенз(а)пирена на уровне ПДК².

Исследования воздуха рабочей зоны установки на содержание углерода оксида, азота диоксида, серы диоксида, пыли, кремния диоксида, водорода хлористого, аммиака, сероводорода показали, что концентрация вредных веществ не превышает ПДК, что соответствует требованиям ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и гигиеническим нормативам ГН 2.2.5 1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установка глубокой переработки мусора на основе процесса СВЧ-термолиза включает в себя все необходимые стадии для наиболее

полной и наиболее безопасной утилизации твердых бытовых и промышленных отходов. Процесс термолиза органических (легких) фракций несортированных влажных ТБО происходит в 2–3 раз быстрее при активации обрабатываемых отходов СВЧ-излучением.

Проведенные тесты получаемых продуктов показывают перспективы их последующей реализации в качестве товарных (или промпродуктов) определенных отраслей промышленности.

Количество образующихся дымовых газов существенно меньше, чем при сжигании ТБО (до 3–5 раз), поэтому эксплуатационные затраты на газоочистку будут сравнительно ниже.

Стадия газоочистки позволяет обезвреживать продукты горения как от хлорорганических высокотоксичных загрязняющих веществ, так и от оксидов азота, серы и углерода. Эффективность газоочистки – 98%, а образующийся не подвергающийся регенерации хемосорбент, водный раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, является товарным продуктом и подлежит реализации как компонент минеральных удобрений.

Предлагаемый комплекс мер обеспечивает концентрацию ПХДД (полихлорированные дибензодиоксиды) и ПХДФ (фураны) на уровне, установленном самыми жесткими требованиями из действующих на сегодня законов по защите от вредных выбросов.

Данная технология полной и безвредной переработки мусора отвечает всем современным мировым нормам экологической безопасности и могла бы стать прекрасным подтверждением политики импортозамещения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гунич С.В., Янчуковская Е.В. Технология микроволновой карбонизации органических компонентов твердых бытовых отходов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2011. N 1 (1). С. 134–136.

2. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Анализ современных методов переработки твердых бытовых отходов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. N 2 (13). С. 110–115.

3. Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И., Гунич С.В., Перспективы технологии СВЧ-термолиза органических компонентов твердых бытовых отходов // Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т. XXVI, N 1. С. 114–118.

4. Гунич С.В., Янчуковская Е.В. Анализ процессов пиролиза отходов производства и потребления // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. N 1 (16). С. 86–93.

5. Гунич С.В., Дьячкова С.Г., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Состав углеродного остатка при утилизации несортированных твердых бытовых отходов методом СВЧ-термолиза // Химическая технология. 2014. N 9. С. 572–575.

6. Днепровская Н.И., Янчуковская Е.В. Интенсификация процесса высокотемпературного пиролиза электромагнитным полем // Тр. IV все-росс. науч. -практ. конф. с международным участием «Перспективы развития технологии пере-

² Протокол количественного химического анализа ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун», N 267-12-13. *Protokol kolichestvennogo khimicheskogo analiza IPM FGBU NPO «Taifun»* [Report on quantitative chemical analysis NPO «Taifun»], no. 267-12-13.

³ Протокол лабораторных исследований воздуха рабочей зоны ФБУЗ Центр гигиены и эпи-

демиологии в Тамбовской области N 20044. *Protokol laboratornykh issledovaniy vozdukhha rabochei zony. FBUZ Tsentri gigeny i epidemiologii v Tambovskoi oblasti* [Report on laboratory analysis of working area air. Centre of Hygiene and Epidemiology in Tambov region].

работки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов». Иркутск, 2014. С. 170–172.

7. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Экспериментальное определение выхода веществ и оценка перспективности СВЧ-термолиза твердых бытовых отходов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2013. N 1 (4). С.112–115.

8. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Переработка илового осадка очистных

сооружений // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7, N 1. С.184–188.

9. Пат. № 2013126238А, Российская Федерация. Способ переработки бытовых и производственных отходов в печное топливо и углеродное вещество и устройство для его осуществления / С.В.Гунич, Т.И. Малышева; заявитель и патентообладатель С.В.Гунич, Т.И.Малышева; заявл. 10. 06. 2013, опубл. 20. 12. 2014, Бюл. № 35.

REFERENCES

1. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V. Microwave carbonization of organic components of municipal solid wastes. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Higher School, Applied Chemistry and Biotechnology]. 2011, no. 1, pp. 134–136. (in Russian)

2. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. Analysis of modern methods of hard domestic wastes processing. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Higher School, Applied Chemistry and Biotechnology]. 2015, no. 2 (13), pp. 110–115. (in Russian)

3. Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I., Gunich S.V. Technology prospects of microwave thermolysis for organic components of domestic solid wastes. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii* [Advances in chemistry and chemical technology]. 2012, vol. XXVI, no. 1, pp. 114–118. (in Russian)

4. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V. Analysis of processes of pyrolysis of wastes of production and consumption. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Higher School, Applied Chemistry and Biotechnology]. 2016, no. 1 (16), pp. 86–93. (in Russian)

5. Gunich S.V., D'yachkova S.G., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. Composition of carbon residue in the disposal of unsorted municipal solid waste by microwave thermolysis. *Khimicheskaya tekhnologiya* [Chemical technology]. 2014, no. 9, pp. 572–575. (in Russian)

6. Dneprovskaya N.I., Yanchukovskaya E.V.

Intensifikatsiya protsessa vysokotemperaturnogo piroliza elektromagnitnym polem [Intensification of the process of high-temperature pyrolysis by an electromagnetic field]. *Trudy IV vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Perspektivy razvitiya tekhnologii pererabotki uglevodorodnykh, rastitel'nykh i mineral'nykh resursov»* [Proc. IV-th all-Russian Sci. Pract. Conf. Int. Part. «Prospects for the development of technology for processing hydrocarbon, plant and mineral resources»]. Irkutsk, 2014, pp. 170–172. (in Russian)

7. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. Experimental determination of the substances yield and prospects of municipal solid waste microwave thermolysis. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Higher School, Applied Chemistry and Biotechnology]. 2013, no. 1 (4), pp. 112–115. (in Russian)

8. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. Processing of sludge treatment facilities. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Higher School, Applied Chemistry and Biotechnology]. 2017, vol. 7, no. 1, pp. 184–188. (in Russian)

9. Gunich S.V., Malysheva T.I. *Sposob pererabotki bytovykh i proizvodstvennykh otkhodov v pechnoe toplivo i uglerodnoe veshchestvo i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Method of processing of domestic and productive wastes in the stove fuel and carbon substance and device for its realization]. Patent RF, no. 2013126238A, 2014.

Критерии авторства

Гунич С.В., Янчуковская Е.В. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Гунич С.В., Янчуковская Е.В. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Сергей В. Гунич

АО «Инновационно-технологические системы»
Генеральный директор
e.t.systems@mail.ru

Елена В. Янчуковская

Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
К.т.н., доцент
lenyan@istu.edu

Поступила 18.10.2017

AUTHORS' INDEX
Affiliations

Sergei V. Gunich

Corporation «Innovative technological
systems», Director General
e.t.systems@mail.ru

Elena V. Yanchukovskaya

Irkutsk National Research Technical
University
Ph.D. (Engineering), Associate Professor
lenyan@istu.edu

Received 18 October 2017