

IV. ЭКОНОМИКА ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ЭКОНОМИКА ТРУДА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТРАСЛЕ- ВЫХ КОМПЛЕКСОВ И РЕГИОНАЛИСТИКИ

УДК 332.05

V.M. Voronin, F.A. Belonogov,
I.S. Kudashева

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF PRODUCTION AND UTILIZATION OF RDF FUEL

The issues of sustainable development of waste management systems are actively discussed throughout the world both at the level of government agencies and at the level of the scientific and expert community. One of the ways to improve the existing practice of waste management in Russia is the search for ways to involve them in economic circulation as secondary material and energy resources. The article shows the feasibility of using solid municipal and industrial waste for the production of alternative fuels.

Keywords: industrial waste, municipal waste, RDF fuel, incineration, energy, cement industry.

В.М. Воронин¹, Ф.А. Белоногов²,
И.С. Кудашева³

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПО- ЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RDF- ТОПЛИВА

Вопросы устойчивого развития систем обращения с отходами активно обсуждаются во всём мире, как на уровне правительственных структур, так и на уровне научного и экспертного сообщества. Одним из направлений совершенствования сложившейся практики обращения с отходами в России является поиск путей их вовлечения в хозяйственный оборот в качестве вторичных материальных и энергетических ресурсов. В статье показана целесообразность использования твёрдых коммунальных и промышленных отходов для производства альтернативного топлива.

Ключевые слова: производственные отходы, коммунальные отходы, RDF-топливо, сжигание, энергия, цементная промышленность.

DOI: 10.36807/2411-7269-2021-4-27-77-80

Рынок альтернативного топлива во всём мире растёт. Согласно иерархии методов обращения с отходами, представленной в Директиве ЕС 2008/98/ЕС "Об отходах", рекуперация энергии является предпочтительной технологией обращения с отходами, которые нельзя повторно использовать или переработать в качестве вторичного материала. Несколькими исследованиями было доказано, что горючая фракция отходов может быть успешно использована для производства энергии [3], [5], [8], [10], [12].

Принятый Европейской комиссией документ под названием "Европейский зелёный курс" (European Green Deal) [6] поставил перед европейскими странами цель стать климатически нейтральными к 2050 г. таким образом, чтобы способствовать формированию "зелёной" экономики и созданию новых рабочих мест в секторах более чистого производ-

¹ Воронин В.М., кандидат технических наук, доцент; ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва", г. Красноярск

Voronin V.M., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev", Krasnoyarsk

² Белоногов Ф.А., магистрант, ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва", г. Красноярск

Belonogov F.A., Undergraduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev", Krasnoyarsk

³ Кудашева И.С., магистрант, ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва", г. Красноярск

Kudashева I.S., Undergraduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev", Krasnoyarsk

ства. Эта цель предполагает сокращение выбросов парниковых газов на 55% к 2030 г., что было подтверждено Европейской комиссией в декабре 2020 г. Это, в свою очередь, требует значительно более высокой доли возобновляемых источников энергии в интегрированной энергетической системе и принятие сопутствующих мер в различных отраслях, включая сферу обращения с отходами.

Общие цели пересмотра Директивы по возобновляемым источникам энергии (Renewable Energy Directive) [7] заключаются в том, чтобы добиться увеличения использования энергии из альтернативных источников, включая вторичные ресурсы, тем самым решая проблемы, связанные с глобальным потеплением и утратой биоразнообразия. Отходы являются возобновляемым источником энергии, и их вовлечение в производственный оборот может привести к замене ископаемого топлива в технологических процессах и сокращению выбросов CO₂ [1].

Европейским законодательством только энергия, произведённая из различных фракций отходов, классифицируется как возобновляемая или "зелёная" энергия. Химический состав и теплотворная способность RDF-топлива зависит от соотношения фракций отходов, технологии производства, производителя и т.д., а поскольку в мире нет однозначного определения или стандартов, описывающих химический состав RDF-топлива, его состав очень разнообразен.

В Великобритании в 2016 г. образована "RDF Industry Group" [11] для обеспечения скоординированного подхода к возможностям и угрозам использования RDF-топлива. В соответствии с разработанным данной группой документом "Refuse Derived Fuel Code of Practice for the UK", RDF-топливо – это общий термин, используемый для описания остаточных отходов, прошедших ряд этапов обработки, от минимальной сортировки до более сложной механической и/или биологической обработки.

Другое определение, совместно выработанное Агентством по охране окружающей среды (EA) и Департаментом окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства Англии (Defra), является более сложным. Топливо, полученное из отходов (RDF-топливо), состоит из остаточных отходов, которые соответствуют спецификациям письменного контракта между производителем RDF-топлива и авторизованным конечным пользователем и используются для термической обработки с целью получения энергии на мусороперерабатывающем заводе или предприятии, осуществляющем совместное сжигание, например, в печах для обжига цемента и извести. Письменный договор должен включать технические спецификации конечного пользователя, касающиеся как минимум теплотворной способности, влажности, формы и количества RDF-топлива. Цепочка поставок RDF-топлива включает в себя одно или несколько из представленных на Рис. 1 действий.



Рис. 1 – Элементы цепочки поставок RDF-топлива

В зарубежных странах в качестве предприятий, использующих RDF-топливо, как правило, выступают цементные или металлургические заводы, а также предприятия энергетики, вырабатывающие тепло или электричество. Рациональность использования RDF-топлива в цементном или металлургическом производстве обусловлена особенностями их технологических процессов с рабочей температурой в печах 1500°C. В этих процессах происходит термическое разложение опасных продуктов сгорания топлива, превращая их в дымовые газы с допустимой концентрацией вредных веществ. При сгорании происходит утилизация золы, которая переходит в состав цемента или в шлак. По оценкам экспертов, на цементных заводах Германии в настоящее время доля RDF в составе топлива составляет до 90%.

Учёными в разных странах проводятся экспериментальные исследования по улучшению характеристик RDF-топлива. Например, отходы пищевого или сельскохозяйственного производства после сушки, сортировки, гранулирования, спекания и других процедур, превращаются во вторичные ресурсы и используются для изготовления биоугля и других целей. В исследовании С. Шангдиара, Ю. Лина, П. Ченга, Ф. Чоу и В. Ву [13] отработанная рисовая солома и скорлупа кокосового ореха были смешаны с илом, и биомасса была спрессована с образованием плотной гранулированной формы, подвергнутой

низкотемпературной технологии карбонизации с совместным сжиганием 300-400°C в течение 30-60 минут для приготовления твёрдого топлива из отходов (RDF-5). Исследование показало, что чем выше коэффициент добавления сырья (рисовой соломы или скорлупы кокосового ореха), тем лучше теплотворная способность смеси.

Одним из направлений производства альтернативного топлива из производственных отходов является изготовление торрефицированных пеллет из отходов деревообрабатывающей промышленности [4], [9]. В этот бизнес в Европе в начале 2000-х гг. активно инвестировали крупные энергетические компании. Например, 39% акций компании "Topell Energy", занимающейся изготовлением таких пеллет, принадлежали крупнейшему мировому энергоконцерну RWE. Инвестиции в строительство завода производительностью 60 тыс. т конечного продукта в год, работающего по данной технологии, составили более 15 млн евро [2]. В начале XXI в. во многих европейских странах, включая Нидерланды, где и был построен данный завод, действовало законодательство, субсидирующее выработку электроэнергии при совместном сжигании с углём вторичных энергетических ресурсов. Но с 2012 г. правительства Нидерландов и некоторых других европейских государств, к примеру, Польши, свернули программу поддержки использования вторичных энергетических ресурсов для сжигания с углём на ТЭС. Себестоимость генерации энергии при сжигании только угля без государственных субсидий оказалась значительно ниже, чем при совместном сжигании угля и пеллет. Как следствие, сильно упали цены на индустриальные пеллеты, начались банкротства производителей и поставщиков пеллет на этот рынок.

Принятое в декабре 2015 г. Парижское соглашение по изменению климата, развивающее и дополняющее идеи Киотского протокола 1997 г., было поддержано многими развитыми и развивающимися странами, взявшими на себя обязательства по сокращению выбросов парниковых газов. Это соглашение дало новый толчок исследованиям и практическим действиям по использованию альтернативных энергетических ресурсов.

В ноябре 2016 г. вступила в действие новая европейская директива по возобновляемым источникам энергии (Renewable Energy Directive), способствовавшая введению в странах Европейского Союза новых механизмов поддержки использования альтернативного топлива, которые активно внедряются в Германии, Дании, Великобритании, Нидерландах. Правительства Дании и Нидерландов заявили о полном отказе от использования угля для выработки энергии с 2030 по 2035 гг. Что касается вторичных энергетических ресурсов, то сейчас ряд государств поддерживает их применение не только для выработки электрической и тепловой энергии, но и для обеспечения работы криогенных установок, для использования в качестве альтернативного топлива в цементной и металлургической промышленности. Вышеуказанные технологические процессы в современных условиях позволяют при сжигании RDF-топлива поддерживать характеристики негативно-го воздействия на окружающую среду.

В то же время, в мире продолжается развитие рынков торговли единицами сокращения выбросов. Если в 2015 г. на европейском рынке квот 1 т эмиссионной CO₂ стоила 8 евро, в 2018 г. – более 10 евро, то к 2030 г., по оценкам большинства мировых экспертов, её стоимость повысится до 35 евро [2]. Созданный в Китае национальный рынок торговли квотами на выбросы активно растёт. Ведётся речь о создании такого рынка в России. Эти факторы должны способствовать формированию инициатив по использованию в промышленности топлива, получаемого из производственных и коммунальных отходов, как одного из инструментов перехода к низкоуглеродной экономике.

Список использованных источников

1. Любарская М.А. Обзор тенденций инновационного развития технологий возобновляемой энергетики // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 3. – С. 54.
2. Передерий С. Торрефикация биомассы: за и против // ЛесПромИнформ. – 2019. – 1(139). – С. 15-21.
3. Aluri S., Syed A., Flock D.W., Muzzy J.D., Sievers C., Agrawal P.K. Pyrolysis and gasification studies of model refuse derived fuel (RDF) using thermogravimetric analysis // Fuel Processing Technology. – 2018. – № 179. – pp. 154-166.
4. Bialowiec A., Pulka J., Stepien P., Manczarski P., Golaszewski J. The RDF/SRF torrefaction: An effect of temperature on characterization of the product – Carbonized Refuse Derived Fuel // Waste Management. – 2017. – № 70. – pp. 91-100.
5. Chaves G.L.D., Siman R.R., Ribeiro G.M., Chang N.B. Synergizing environmental, social, and economic sustainability factors for refuse derived fuel use in cement industry: A case

study in Espirito Santo, Brazil. – Текст: непосредственный // Journal of Environmental Management. – 2021. – № 288. – pp. 112-121.

6. European Commission. European Green Deal // URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en - (дата обращения 15.10.2021).

7. European Commission. Renewable Energy Directive // URL: https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/directive-targets-and-rules_en (дата обращения 15.10.2021).

8. Manya J.J., Garsia-Ceballos F., Azuara M., Latorre N., Royo C. Pyrolysis and char reactivity of a poor-quality refuse-derived fuel (RDF) from municipal solid waste // Fuel Processing Technology. – 2015. – № 140. – pp. 276-284.

9. Nobre C., Vilarinho C., Alves O., Mendes B., Gonsalves M. Upgrading of refuse derived fuel through torrefaction and carbonization: Evaluation of RDF char fuel properties // Energy. – 2019. – № 184. – pp. 66-76.

10. Rajca P., Poskart A., Chrubasik M., Sajdak M., Zajemska M., Skibinski A., Korombel A. Technological and economic aspect of Refuse Derived Fuel pyrolysis // Renewable Energy. – 2020. – № 161. – pp. 482-494.

11. Refuse Derived Fuel Code of Practice for the UK // URL: https://rdfindustrygroup.org.uk/wp-content/uploads/2018/03/RDF_CoP_Document.pdf (дата обращения 20.09.2021).

12. Sark R., Lorber K.E. Production, quality and quality assurance of Refuse Derived Fuels (RDFs) // Waste Management. – 2013. – № 33. – pp. 1825-1834.

13. Shangdiar S., Lin Y.C., Cheng P.C., Chou F.C., Wu W.D. Development of biochar from the refuse derived fuel (RDF) through organic / inorganic sludge mixed with rice straw and coconut shell // Energy. – 2021. – № 215(B). – pp. 119-125.