

Геоэкология

DOI: 10.34828/UdSU.2024.57.51.004

УДК 62-611

М.Н.М. Аль Басиси, С.А. Красноперова, А.А. Липаев

ТЕПЛОТВОРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОТХОДОВ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию теплотворной способности отходов. Теплотворная способность является важным параметром при оценке энергетического потенциала отходов и их возможности использования в процессах сжигания или генерации энергии. В статье рассматриваются различные типы отходов и их теплотворная способность, а также методы расчета этого параметра. Также рассматривается вопрос о возможности утилизации отходов с высокой теплотворной способностью для производства тепла и электроэнергии. Исследование проводится с целью определения эффективности и экономической целесообразности использования отходов в качестве источника энергии.

Ключевые слова: теплотворная способность, отходы, энергия, утилизация, эффективность, экономическая целесообразность.

Для цитирования: Аль Басиси М. Н. М., Красноперова С.А., Липаев А.А. Теплотворная способность отходов: обзор литературы // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып. 1. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 43–53. DOI: 10.34828/UdSU.2024.57.51.004.

Актуальность. В настоящее время вопросы утилизации и переработки отходов производства и потребления являются крайне важными в разных отраслях производства и промышленности [1, 2]. К примеру, на предприятиях только нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности накоплено около 4,5 миллионов тонн нефтешламов [3]. Нефтешламы – это отходы преимущественно нефтедобывающей промышленности, состоящие из нефти и нефтепродуктов, а также различных попутных примесей, образующихся впоследствии разливов нефти (песка, глины и т.д.). [4, 5]. Такого рода отходы чаще подвергаются сжиганию, поэтому исследования их теплотворной

способности являются особенно актуальными. Актуальность данных исследований определяется также еще несколькими факторами: во-первых, в условиях растущей экологической проблематики и необходимости сокращения выбросов парниковых газов важно найти эффективные способы утилизации и переработки отходов; во-вторых, указанная способность отходов может быть важным ресурсом, позволяющим генерировать тепло и электроэнергию.

Цель исследования данной работы заключается в оценке потенциала тепловой энергии, порождаемой различными типами отходов, а также определение возможностей их использования в энергетических процессах. Это может способствовать улучшению утилизации отходов и сокращению использования традиционных источников энергии.

Обзор литературы

Теплотворная способность отходов – это измерение энергетической ценности отходов или возможность использовать их в качестве источника тепла. Отходы могут быть различной природы, включая органические, неорганические, жидкие или твердые. Использование отходов как источника тепла имеет ряд преимуществ [6], а именно: во-первых, использование отходов вместо традиционных исходных материалов, таких как уголь или нефть, позволяет сэкономить ресурсы и снизить негативное воздействие на окружающую среду (это особенно актуально в условиях изменения климата, когда нефтяные запасы ископаемых источников энергии находятся на исходе); во-вторых, отходы часто представляют собой огромный потенциал для производства энергии.

Исследования по теплотворной способности отходов охватывают различные типы отходов, такие как муниципальные отходы, промышленные отходы, сельскохозяйственные отходы и другие. В работах рассматриваются

методы определения теплотворной способности, включая экспериментальные и аналитические подходы [7].

В области исследования теплотворной способности отходов было проведено множество работ различными авторами (Гонсалес-Сарженто и др., Гринвод и др. [7]). Это лишь небольшой перечень авторов, занимающихся исследованиями в области теплотворной способности отходов.

Множество работ было выполнено для изучения потенциала отходов в качестве альтернативного источника энергии. Проведенный обзор научной литературы и анализ существующих работ предоставят нам основное представление о различных аспектах исследований в этой области.

Методология исследования

Методология исследования включает следующие этапы (рис.):



Рис. Методология исследования теплотворной способности отходов

Теплотворная способность определяется высшей теплотой сгорания (высшая теплотворная способность) — количеством теплоты, которое выделяется при полном сгорании вещества, включая теплоту конденсации водяных паров при охлаждении продуктов сгорания, или низшей теплотой сгорания (низшая теплотворная способность) — количеством теплоты, которое выделяется при полном сгорании, без учета теплоты конденсации водяного пара [8].

Формула для определения низшей теплоты сгорания:

$$Q^H = Q^B - 25,1 \times (9H + W), \quad (1)$$

где $25,1 \times (9H + W)$ — теплота, затраченная на испарение влаги (W (кг/кг) вещества, и воды, образующейся при сгорании водорода H (кг/кг) горючего вещества, кДж/кг.

Если отсутствуют данные по теплоте сгорания отходов, то Q^H можно определить по формуле, предложенной Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова (АКЧ) [9]:

$$Q_p^H = 4600 - 4A_p - 51,85W_p, \quad (2)$$

где Q_p^H — низшая теплота сгорания отхода на рабочую массу, кДж/кг;

A_p — зольность отхода на рабочую массу, мас.%;

W_p — влажность отхода, мас.%.

Для определения теплотворной способности отходов могут проводиться как экспериментальные работы, так и аналитические расчеты. Они позволяют

определить количество тепла, выделяющегося при сжигании или других процессах переработки отходов.

Результаты исследований теплотворной способности отходов по данным литературных источников.

Значения теплотворной способности некоторых отходов представлены в таблице. Для показателей влажности, зольности и удельной теплоемкости использовали справочные данные и литературные источники [10, 11].

Таблица

Значения теплотворной способности отходов по данным литературных источников

Наименование	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·°К)	Влажность, %	Зольность на сухую массу, %	Значения теплотворной способности (МДж/кг)
Древесные отходы	1500	25	до 1,5	3-16
Бумага, картон	1500	15	до 8	3-16
Пластиковые отходы	1700	0,5	до 2	17-40
Резервуарный нефтешлам	1863	9,8	3-7	25-41
Грунтовый нефтешлам	1763	15,4	4-8	23-40

На основании анализа значений удельной теплоемкости и теплотворной способности, указанных в таблице, выявлено, что наибольшие показатели данных параметров имеют отходы нефти и нефтепродуктов (пластик, резервуарный и грунтовый нефтешлам).

Таким образом, данная таблица позволяет оценить потенциальное количество тепла, которое можно получить от сжигания или переработки

различных типов отходов. Эта информация может быть полезна при планировании и оптимизации процессов утилизации и использования отходов.

Теплотворная способность отходов относится к их потенциалу в выделении тепла при их сжигании или других процессах переработки. Эта характеристика имеет важное значение при оценке энергетического потенциала отходов и определении возможности их использования в качестве альтернативного источника энергии.

Для расчета эффективности использования отходов с высокой теплотворной способностью в энергетических процессах требуется конкретизировать некоторые параметры и данные. Например, необходимо знать количество отходов, их теплотворную способность, а также энергетический выход процесса.

Предположим, что у нас имеется 100 тонн отходов, обладающих теплотворной способностью 10 мегаджоулей на тонну. Энергетический выход процесса составляет 80%, то есть только 80% от полученной энергии действительно используется.

Теперь можно приступить к расчету эффективности:

Энергетический вклад отходов = количество отходов × теплотворная способность отходов = 100 тонн × 10 мегаджоулей/тонна = 1000 мегаджоулей

Полезная энергия, которую мы получили из процесса = энергетический вклад отходов × энергетический выход процесса = 1000 мегаджоулей × 80% = 800 Мегаджоулей.

Таким образом, эффективность использования отходов составляет:

Эффективность = (полезная энергия / энергетический вклад отходов) × 100% = (800 мегаджоулей / 1000 мегаджоулей) × 100% = 80%

Таким образом, в данном случае эффективность использования отходов с высокой теплотворной способностью в энергетических процессах составляет

80%. Важно отметить, что данное значение является примером и может отличаться в зависимости от конкретных параметров и условий процесса.

Заключение

Таким образом, на основании анализа литературных источников выявлены отходы с высокой теплотворной способностью, а именно: углеводородные отходы (пластик, нефтешлам). Последние могут быть использованы в различных технологических процессах на тепловой станции, таких как сжигание, газификация или прямое сжатие. Отсюда следует, что вырабатываемую тепловую энергию отходов можно преобразовать в полезную энергию для системы отопления и горячего водоснабжения.

К тому же, это способствует развитию принципов циклической экономики, которая направлена на сокращение количества образующихся отходов производства и максимальное их использование в качестве вторсырья [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красноперова С.А. Формирование циклической системы обращения с отходами в условиях нефтегазового комплекса // Инновационные научные исследования в современном мире: сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции (17 марта 2023 г., г. Уфа). Ч.2. Уфа: Изд.-во НИЦ Вестник науки, 2023. С. 292 – 296.
2. Красноперова С. А. Основные направления экологизации производства нефтегазового комплекса // Булатовские чтения: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (31 марта 2023 г.). Т. 2. / гл. ред. О. В. Савенок. Краснодар: издат. дом – Юг, 2023. С. 91–92.
3. Мазлова Е. А., Меньшикова И. А. Шламовые отходы нефтегазовых компаний // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 1. С. 20–23.
4. Красноперова С.А. Применение сорбентов при ликвидации разливов нефти, изготовленных на основе отходов производства и потребления // Управление

- техносферой: электрон. журнал, 2023. Т.6. Вып. 4. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 554–564. DOI:[10.34828/UdSU.2023.67.68.006](https://doi.org/10.34828/UdSU.2023.67.68.006)
5. Никитина О.В., Овсянникова Г.Р., Красноперова С.А. Разработка предложений по утилизации и обезвреживанию нефтешлама при помощи термических методов на нефтяных месторождениях Удмуртии // Управление техносферой: электрон. журнал, 2023. Т.6. Вып. 4. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 524–535. DOI: [10.34828/UdSU.2023.71.14.004](https://doi.org/10.34828/UdSU.2023.71.14.004).
 6. Методика исследования свойств твердых отходов / Акад. коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова. М.: Стройиздат, 1970. 46 с.
 7. Рекомендации по проектированию и эксплуатации заводов по сжиганию твердых бытовых отходов / Акад. коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова. М., 1987. 61 с.
 8. Ильиных Г.В. Оценка теплотехнических свойств твердых бытовых отходов исходя из их морфологического состава // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2013. № 3. С. 125–137.
 9. Определение теплотворной способности топливных брикетов на основе нефти и нефтешламов / О. А. Федяева, Е. Г. Пошелюжная, Э. М. Рахматулина, В. А. Захаров, Д. А. Кулешов, Т. Е. Фисенко // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. Том 5. №2. С. 229 – 232.
 10. Красноперова С.А. Мероприятия по обеспечению требований в области обращения с отходами производства и потребления // Управление техносферой: электрон. журнал, 2023. Т.6. Вып. 2. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 280–285.

Поступила в редакцию 14.11.2023

Сведения об авторах

Аль Басиси Мазин Назар Мохсин

Инженер, Компания по распространению нефтепродуктов. г. Ан-Наджаф ул. Алраван, Ирак.

E-mail: mazin.naza555@yahoo.com

Красноперова Светлана Анатольевна

к.б.н., доцент кафедры геологии нефти и газа, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

Е-mail: krasnoперова_sve@mail.ru

Липаев Александр Анатольевич

доктор технических наук, профессор кафедры геологии и геофизики нефти и газа, ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, 85, Россия.

Е-mail: lipaevagni@yandex.ru

M.N.M. Al Basis, S.A. Krasnoperova, A.A. Lipaev

CALORIFIC VALUE OF WASTE: LITERATURE REVIEW

Annotation. This article is devoted to the study of calorific value of waste. Calorific value is an important parameter in assessing the energy potential of waste and its possibility of utilization in combustion or energy generation processes. The article discusses different types of waste and their calorific value, as well as methods of calculating this parameter. The possibility of utilization of wastes with high calorific value for heat and power generation is also discussed. The study is conducted to determine the efficiency and economic feasibility of using waste as a source of energy.

Keywords: calorific value, waste, energy, utilization, efficiency, economic feasibility.

For citation: Al Basis M.N.M., Krasnoperova S.A., Lipaev A.A. [Calorific value of waste: literature review] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 1. (In Russ.). Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 42–53. DOI: 10.34828/UdSU.2024.57.51.004.

REFERENCES

1. Krasnoperova S.A. Formirovanie tsiklicheskoj sistemy obrashcheniya s otkhodami v usloviyakh neftegazovogo kompleksa [Formation of a cyclic waste management system in the conditions of the oil and gas complex]. *Innovatsionnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire: sbornik nauchnykh statei po materialam X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Innovative scientific research in the modern world: a collection of scientific articles based on the materials of the X International Scientific and Practical Conference (March 17, 2023, Ufa)]. Part 2. Ufa: Vestnik nauki, Publ., 2023, pp. 292 – 296. (In Russ.).
2. Krasnoperova S.A. Osnovnye napravleniya ekologizatsii proizvodstva neftegazovogo kompleksa [The main directions of greening the production of the oil and gas complex]. *Bulatovskie chteniya: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Bulatov readings: materials of the VII International Scientific and Practical Conference (March 31, 2023)], vol. 2. In O.V. Savenok (ed). Krasnodar: dom – Yug. Publ., 2023. pp. 91–92. (In Russ.).
3. Mazlova E.A., Men'shikova I.A. Shlamovye otkhody neftegazovykh kompanii [Sludge waste from oil and gas companies]. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas complex]. 2010, no. 1, pp. 20–23. (In Russ.).
4. Krasnoperova S.A. Primenenie sorbentov pri likvidatsii razlivov nefti, izgotovlennykh na osnove otkhodov proizvodstva i potrebleniya [The use of sorbents in the elimination of oil spills made

- on the basis of production and consumption waste]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal*, 2023, vol.6, issue 4. Available at: <https://technosphere-ing.ru>. pp. 554–564. DOI:10.34828/UdSU.2023.67.68.006 (In Russ.).
5. Nikitina O.V., Ovsyannikova G.R., Krasnoperova S.A. Razrabotka predlozhenii po utilizatsii i obezvrezhivaniyu nefteshlama pri pomoshchi termicheskikh metodov na neftyanykh mestorozhdeniyakh Udmurtii [Development of proposals for the utilization and neutralization of oil sludge using thermal methods in the oil fields of Udmurtia]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal*, 2023, vol.6, issue 4. Available at: <https://technosphere-ing.ru>. pp. 524–535. DOI: 10.34828/UdSU.2023.71.14.004. (In Russ.).
 6. Metodika issledovaniya svoystv tverdykh otbrosov [Methodology for studying the properties of solid waste], *Akad. Kommun khoz-va im. K.D. Pamfilova [Akad. Communes arm named after K.D. Pamfilov]*. Moscow: Stroyizdat, 1970, 46 p.
 7. Rekomendatsii po proektirovaniyu i ekspluatatsii zavodov po szhiganiyu tverdykh bytovykh otkhodov [Recommendations on the design and operation of solid waste incineration plants]. *Akad. Kommun khoz-va im. K.D. Pamfilova [Akad. Communes arm named after K.D. Pamfilov]*. Moscow: Stroyizdat, 1987, 61 p. (In Russ.).
 8. Il'nykh G.V. Otsenka teplotekhnicheskikh svoystv tverdykh bytovykh otkhodov iskhodya iz ikh morfologicheskogo sostava [Assessment of thermal properties of solid household waste based on their morphological composition]. *Vestnik PNIPU. Urbanistika [Bulletin of PNRPU. Urbanistics]*. 2013, no. 3, pp. 125–137. (In Russ.).
 9. Fedyayeva O. A., Poshelyuzhnaya E. G., Rakhmatulina E. M., Zakharov V. A., Kuleshov D. A., Fisenko T. E. Opredelenie teplotvornoj sposobnosti toplivnykh briketov na osnove nefti i nefteshlamov [Determination of the calorific value of fuel briquettes based on oil and oil sludge]. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin [Dynamics of systems, mechanisms and machines]*. 2017, vol. 5, no. 2, pp. 229 – 232. (In Russ.).
 10. Krasnoperova S.A. Meropriyatiya po obespecheniyu trebovaniy v oblasti obrashcheniya s otkhodami proizvodstva i potrebleniya [Measures to ensure requirements in the field of waste management of production and consumption]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal*, 2023, vol.6, issue 2. Available at: <https://technosphere-ing.ru>. pp. 280–285. (In Russ.).

Received 14.11.2023

About the Authors*Al Basis Mazin Nazar Mohsin*

Engineer. The company for the distribution of petroleum products. Al-Najaf,
Alrawan street, Iraq.

E-mail: mazin.naza555@yahoo.com

Krasnoperova Svetlana Anatolyevna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Geology,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University",
426034, Universitetskaya str., 1, Izhevsk, Russia.

E-mail: krasnoperova_sve@mail.ru

Lipaev Alexander Anatolyevich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geology and Geophysics of Oil and
Gas, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Khokhryakova str., 85, Russia.

E-mail: lipaevagni@yandex.ru