

## ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Кондауров Владислав Олегович**

*аспирант 2 года обучения, кафедра древесиноведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: kondaurov.vlad@mail.ru*

**Шовкун Виктория Александровна**

*аспирант 1 года обучения, кафедра ботаники и дендрологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: shovkun12657@gmail.com*

## WOOD PROCESSING WASTE UTILIZATION TECHNOLOGIES: MODERN APPROACHES AND PROSPECTS

**Kondaurov Vladislav Olegovich**

*Postgraduate student, 2nd year of study, Department of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: kondaurov.vlad@mail.ru*

**Shovkun Viktoria Aleksandrovna**

*Postgraduate student, 1st year of study, Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: shovkun12657@gmail.com*

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные технологии утилизации отходов от переработки древесины, включая древесные стружки, опилки и кору.

Обсуждаются методы переработки, такие как пеллетирование, производство древесного угля и биомассы, а также их экологические и экономические преимущества. Уделяется внимание инновационным подходам, направленным на минимизацию отходов и их повторное использование в различных отраслях. В статье также рассматриваются примеры успешных проектов и статистические данные, подтверждающие эффективность внедрения новых технологий.

**Abstract.** The article examines modern technologies for recycling wood processing waste, including wood chips, sawdust and bark.

Discusses recycling methods such as pelleting, charcoal and biomass production, as well as their environmental and economic benefits. Attention is paid to innovative approaches aimed at minimizing waste and reusing it in various industries. The article also examines examples of successful projects and statistical data confirming the effectiveness of implementing new technologies.

**Ключевые слова:** утилизация отходов, переработка древесины, пеллеты, биомасса, экологические технологии, 3D-печать, системы замкнутого цикла.

**Keywords:** waste recycling, wood processing, pellets, biomass, environmental technologies, 3D printing, closed-loop systems.

Увеличение объемов переработки древесины в последние десятилетия привело к значительному росту количества отходов, образующихся в этом процессе. По данным FAO,

в 2020 году мировое производство древесины составило около 4,1 миллиарда кубометров, что привело к образованию более 1 миллиарда тонн древесных отходов [1]. Эти отходы, если их не утилизировать должным образом, могут стать источником экологических проблем, включая загрязнение почвы и воды, а также выбросы парниковых газов. В связи с этим, разработка эффективных технологий утилизации отходов от переработки древесины становится актуальной задачей.

Отходы от переработки древесины, можно классифицировать на несколько категорий:

- Древесные стружки: образуются в процессе механической обработки древесины и могут использоваться для производства пеллет или в качестве сырья для создания композитных материалов.
- Опилки: мелкие частицы древесины, которые часто используются в производстве древесных плит, а также в качестве добавок в строительные смеси и удобрения.
- Кора: внешняя оболочка древесины, которая может быть переработана в мульчу, компост или использована в производстве биомассы.
- Обрезки и остатки древесины: части древесины, которые остаются после резки и обработки, могут быть использованы для производства топлива или в качестве сырья для различных изделий.

Каждый из этих типов отходов имеет свои особенности и потенциальные способы утилизации.

Пеллеты из древесных отходов представляют собой один из наиболее распространенных способов утилизации. По данным Европейской ассоциации пеллет (ЕРР), в 2021 году производство пеллет в Европе составило около 18 миллионов тонн, что на 10% больше по сравнению с предыдущим годом [2].

Пеллеты используются в качестве топлива для котлов и каминов, что позволяет снизить выбросы углекислого газа на 80% по сравнению с угольными котлами [3]. Кроме того, пеллеты имеют высокую теплотворную способность (около 4,5-5,0 кВтч/кг) и удобны в транспортировке и хранении. В некоторых странах, таких как Швеция и Австрия, пеллеты стали основным источником энергии для отопления жилых и коммерческих зданий [4].

Процесс пиролиза древесных отходов позволяет получать древесный уголь, который может быть использован в качестве топлива или в качестве фильтрующего материала. Исследования показывают, что использование древесного угля в качестве топлива может снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 50% по сравнению с традиционными ископаемыми источниками энергии [5]. Например, в 2019 году в Бразилии было произведено около 7 миллионов тонн древесного угля, что свидетельствует о растущем интересе к этой технологии [6]. Древесный уголь также используется в производстве активированного угля, который находит применение в очистке воды и воздуха. Кроме того, побочные продукты пиролиза, такие как древесный дёготь и пиролизное масло, могут быть использованы в химической промышленности.

Отходы от переработки древесины могут быть использованы для производства биомассы и биогаза. Исследования показывают, что анаэробное сбраживание древесных отходов может привести к получению до 200 м<sup>3</sup> биогаза на тонну сырья [7]. Например, в Швеции была реализована установка, которая перерабатывает древесные отходы в биогаз, обеспечивая энергией около 1 000 домов [8].

Биогаз, полученный из древесных отходов, может быть использован для генерации электроэнергии или в качестве топлива для транспортных средств. В некоторых странах, таких как Германия, существуют программы по субсидированию установки биогазовых установок на фермах и в промышленных предприятиях [9].

Утилизация древесных отходов не только снижает негативное воздействие на окружающую среду, но и открывает новые возможности для бизнеса. Использование отходов в качестве сырья для производства позволяет сократить затраты на материалы и снизить зависимость от ископаемых ресурсов. По оценкам, переход на технологии

утилизации древесных отходов может привести к экономии до 30% затрат на сырье для деревообрабатывающих предприятий [10].

Дополнительно, внедрение технологий утилизации способствует созданию новых рабочих мест в сфере переработки и производства. Например, в рамках программы по переработке древесных отходов в Канаде было создано более 5 000 рабочих мест в различных отраслях [11].

С развитием технологий появляются новые подходы к утилизации древесных отходов. Например, использование технологий 3D-печати для создания строительных материалов из древесных отходов. Исследования показывают, что 3D-печать из древесных композитов может снизить потребление энергии на 50% по сравнению с традиционными методами производства [12].

Кроме того, внедрение систем замкнутого цикла, где отходы становятся ресурсом для новых производств, открывает новые горизонты для устойчивого развития. Например, в Нидерландах была реализована инициатива по созданию замкнутой системы, в которой отходы от производства мебели используются для создания новых мебельных изделий [13].

Разработка технологий утилизации отходов от переработки древесины представляет собой важный шаг к устойчивому развитию. Инновационные подходы и методы переработки могут существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду и создать новые экономические возможности. Важно продолжать исследования и внедрять новые технологии для достижения максимальной эффективности в утилизации древесных отходов.

### **Список литературы**

1. Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). Global Forest Resources Assessment 2020.
2. European Pellet Council. (2021). European Pellet Market Report.
3. International Energy Agency (IEA). (2019). World Energy Outlook 2019.
4. Swedish Energy Agency. (2020). Energy in Sweden 2020.
5. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). The Role of Charcoal in Reducing CO2 Emissions. *Renewable Energy Reviews*.
6. Brazilian Institute of Geography and Statistics. (2019). Annual Report on Charcoal Production.
7. Zamboni, A., & Figueiredo, R. (2021). Biomass Energy: A Review of the Current State of Knowledge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110196.
8. Swedish Gas Association. (2020). Biogas Production from Wood Waste.
9. German Biogas Association. (2021). Biogas Plants in Germany: Current Developments.
10. Canadian Wood Council. (2021). The Economic Impact of the Wood Industry in Canada.
11. Natural Resources Canada. (2020). Job Creation in the Wood Processing Sector.
12. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). 3D Printing of Biomaterials: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 27, 1127-1131.
13. Dutch Ministry of Economic Affairs. (2020). Circular Economy in the Netherlands: A Vision for the Future.

## References

1. Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). Global Forest Resources Assessment 2020.
2. European Pellet Council. (2021). European Pellet Market Report.
3. International Energy Agency (IEA). (2019). World Energy Outlook 2019.
4. Swedish Energy Agency. (2020). Energy in Sweden 2020.
5. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). The Role of Charcoal in Reducing CO<sub>2</sub> Emissions. *Renewable Energy Reviews*.
6. Brazilian Institute of Geography and Statistics. (2019). Annual Report on Charcoal Production.
7. Zamboni, A., & Figueiredo, R. (2021). Biomass Energy: A Review of the Current State of Knowledge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110196.
8. Swedish Gas Association. (2020). Biogas Production from Wood Waste.
9. German Biogas Association. (2021). Biogas Plants in Germany: Current Developments.
10. Canadian Wood Council. (2021). The Economic Impact of the Wood Industry in Canada.
11. Natural Resources Canada. (2020). Job Creation in the Wood Processing Sector.
12. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). 3D Printing of Biomaterials: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 27, 1127-1131.
13. Dutch Ministry of Economic Affairs. (2020). Circular Economy in the Netherlands: A Vision for the Future.