

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2024. С. 178–184.
Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2024. P. 178–184.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ SAFETY AND ENVIRONMENTAL ISSUES IN RECYCLING OF WOOD

Научная статья
УДК 614.715

АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Андрей Ильич Гомзиков¹, Виктория Денисовна Литовских²,
Артем Вячеславович Артемов³, Владимир Владимирович Кондратьев⁴

¹ Уральский государственный университет путей сообщения,
Екатеринбург, Россия

² Словацкий технический университет в Братиславе,
Факультет Материалов и технических технологий,
базирующийся в Трнаве, Трнава, Словакия

³ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

⁴ ООО «Оптима», Екатеринбург, Россия

¹ andreyha@mail.ru

² vika.litovski@gmail.com

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ kondratev.eco@gmail.com

Аннотация. Выполнен анализ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от термического обезвреживания древесных отходов. Установлено, что основной вклад в существующее загрязнение атмосферы от данного процесса вносят выбросы взвешенных веществ (сажи).

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, обезвреживание, сжигание, древесные отходы

Для цитирования: Анализ выбросов загрязняющих веществ от термического обезвреживания древесных отходов / А. И. Гомзиков, В. Д. Литовских, А. В. Артемов, В. В. Кондратьев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Екатеринбург, 2024. С. 178–184.

Original article

ANALYSIS OF POLLUTANT EMISSIONS FROM THERMAL NEUTRALIZATION OF WOOD WASTE

**Andrey I. Gomzikov¹, Victoria D. Litovskikh², Artyom V. Artyomov³,
Vladimir V. Kondratiev⁴**

¹ Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia

² Slovak Technical University in Bratislava, Faculty of Materials
and Technical Technologies, based in Trnava, Trnava, Slovakia

³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

⁴ Optima LLC, Yekaterinburg, Russia

¹ andreyha@mail.ru

² vika.litovski@gmail.com

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ kondratev.eco@gmail.com

Abstract. The analysis of pollutants into the atmospheric air from the thermal neutralization of wood waste was performed. It has been established that the main contribution to the existing atmospheric pollution from this process is made by emissions of suspended substances (soot).

Keywords: atmospheric air, pollutants, neutralization, incineration, wood waste

For citation: Analysis of pollutant emissions from thermal neutralization of wood waste / A. I. Gomzikov, V. D. Litovskikh, A. V. Artemov, V. V. Kondratyev // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. Yekaterinburg, 2024. P. 178–184.

В лесохимическом комплексе наряду с получением основной продукции производства механической и химической переработки древесины образуются дополнительная сырьевая база в виде древесных отходов. Согласно данным работы [1], лишь 30–40 % опилок используется для производства топлива, большая часть до сих пор идет на сжигание или захоронение.

В соответствии с положениями нормативно-правовых актов в области безопасного обращения с отходами, сжигание древесных отходов рассматривается как их обезвреживание [2].

На сегодня реализация деятельности по термическому обезвреживанию отходов регулируется информационно-техническим справочником по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2020 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» (утвержден Приказом

Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2020 г. № 2181 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами»).

В справочнике указывается, что при обезвреживании отходов термическими способами к экологическим аспектам, оказывающим прямое воздействие на окружающую среду и здоровье человека, в первую очередь относятся выбросы в атмосферу.

Для выбросов в атмосферный воздух при обезвреживании основных групп видов отходов (относительно состава веществ) установлены в технологических показателях НДТ для российских объектов утилизации и обезвреживания отходов термическим способом на уровне европейских технологических показателей.

Перечень маркерных веществ устанавливается согласно ИТС 9-2020 и зависит от класса отходов, подлежащих обезвреживанию термическими способами.

Класс отходов, подлежащих утилизации и обезвреживанию термическими способами: 1 – отходы, содержащие в своем составе органические и неорганические вещества; 2 – отходы, которые кроме веществ первой группы содержат соединения азота; 3 – отходы, содержащие органические соединения элементов S, P, Cl, F; 4 – отходы, при утилизации и обезвреживании которых образуются NaCl, Na₂SO₄, Na₄P₂O₇, Na₂CO₃, KCl; 5 – отходы, содержащие органические вещества, элементы, их окислы, соли или органические соединения элементов.

На основании анализа данных [3] о составе древесины (древесные отходы преимущественно представлены чистой древесиной), можно говорить, что рассматриваемые отходы в большей степени могут быть отнесены к отходам 1 класса по утилизации и обезвреживанию термическими способами.

Перечень маркерных веществ и технологических показателей при термическом обезвреживании древесных отходов как отходов 1 класса по утилизации и обезвреживанию термическими способами согласно ИТС 9-2020 представлен в таблице.

На основании информации в ИТС 9-2020, полученной от предприятий, осуществляющих утилизацию и обезвреживание отходов термическими способами, в анкетах и прилагающейся к ним технической документации, были определены текущие уровни выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (таблица).

Перечень маркерных веществ и технологических показателей при термическом обезвреживании древесных отходов

Наименование загрязняющего вещества	Технологические показатели, мг/м ³	Уровни выбросов, мг/м ³	Превышения*** технологических нормативов, %
Азота оксид, Азота диоксид	суммарно ≤ 200	*	*
Азота диоксид	≤ 160*	0,003–1101,3	588,3
Азота оксид	≤ 26*	0,0004–181,2	569,9
Серы диоксид	≤ 50	0,1–1112,2	2124,4
Углерода оксид	≤ 50	0,1–4975,1	9850,2
Углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉	≤ 10	0,4–4,15	–
Взвешенные вещества	≤ 10	0,1–11766,5	117565,0
Бензапирен	≤ 0,001	0,0000008–0,11	10900,0
Фтористый водород	≤ 1	0,014–16,2	1520,0
Диоксины (полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны) в пересчете на 2, 3, 7, 8-тетрахлордибензо-1, 4-диоксин	≤ 0,1 нг/м ³	0,0000000057–0,000000014	–
Ртуть и ее соединения, кроме диэтилртути	≤ 0,05	0,0003–0,0009	–
Кадмий и его соединения Таллий и его соединения	суммарно ≤ 0,05	–	–
Кадмий и его соединения	≤ 0,05**	0,003	–
Таллий и его соединения	**	н/д	–
Мышьяк и его соединения, кроме водорода мышьяковистого Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца, в пересчете на свинец Хром (Cr 6+) Кобальт и его соединения (кобальта оксид, соли кобальта в пересчете на кобальт) Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь) Марганец и его соединения Никель, оксид никеля (в пересчете на никель) Ванадия пяти оксид Сурьма и ее соединения	суммарно ≤ 0,5	0,06-0,22	–

* – коэффициенты трансформации оксидов азота: NO – 0,13, NO₂ – 0,80;

** – принято по кадмию и его соединениям;

*** – принято по максимальным значениям.

В таблице представлено сопоставление существующих выбросов с установленными технологическими нормативами. Согласно данным, отображенным в таблице, можно отметить:

1. Суммарное превышение существующих выбросов от сжигания отходов (в том числе рассматриваемых древесных отходов) значительно превосходит установленные технологические нормативы по ряду загрязняющих веществ, таких как азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, бенз/а/пирен, фтористый водород. Суммарное превышение данных веществ – практически в 1500 раз.

2. Основной вклад в превышение оказывают взвешенные вещества (82 %), которые при сжигании древесных отходов можно инфицировать по загрязняющему веществу как сажа. Согласно некоторым исследованиям [4], сажа наносит экологии и здоровью людей не меньший урон, чем парниковый газ углеродного следа CO₂.

3. Номенклатура загрязняющих веществ соответствует перечню выбрасываемых веществ (за исключением фтористого водорода), который установлен методикой по определению выбросов загрязняющих веществ при сжигании органического топлива в котлоагрегатах паропроизводительностью до 30 т/ч и водогрейных котлах мощностью до 25 МВт (20 Гкал/ч) по данным периодических измерений их концентраций в дымовых газах или расчетным путем.

Стоит отметить, что справочник ИТС 9-2020 рекомендует подвергать сжиганию древесные отходы только при отсутствии возможности других методов утилизации. Согласно ИТС 9-2020, более целесообразным способом являются другие методы утилизации, такие как производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона (ИТС 1-2015 «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона»), хотя анализ литературных данных [5–7] показывает потенциал применения древесных отходов в виде опилок с целью получения различных материалов и изделий на их основе с широким кругом потребительских возможностей.

Список источников

1. Зырянов М. А., Медведев С. О., Мохирев А. П. Использование отходов лесопиления в контексте устойчивого развития деревообрабатывающей промышленности // Устойчивое развитие: геополитическая трансформация и национальные приоритеты : материалы XIX Международного конгресса с элементами научной школы для молодых ученых, Москва, 30–31 марта 2023 года. В 2-х т. Т. 1. М. : Московский университет им. С. Ю. Витте, 2023. С. 210–217.

2. Термическая утилизация отходов предприятий деревообрабатывающей отрасли / А. Н. Грачев, Р. Г. Сафин, И. А. Валеев [и др.] // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2008. № 4. С. 71–75.

3. Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор) / В. В. Володин, А. А. Шубаков, С. О. Володина [и др.] // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. Т. 23, № 5. С. 611–632.

4. Potapov, D., Orekhov N. Mechanisms of soot thermal decomposition: Reactive molecular dynamics study // *Combustion and Flame*. 2023. Vol. 249. P. 112596.

5. Древесно-полимерные композиты на основе древесного опила и вторичного полипропилена / А. С. Ершова, Е. А. Каменченко, А. Е. Шкуро, А. В. Артемов // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2020. № 1. С. 53–62.

6. Углеродные сорбенты на основе древесных и растительных отходов / Д. Ю. Дворянкин, М. Е. Сафонова, И. А. Клепалова, И. Г. Первова // *Леса России и хозяйство в них*. 2024. № 1 (88). С. 171–180.

7. Оценка защитно-декоративных свойств пластиков без связующих на основе отходов деревообработки и пигмента в виде гидролизного лигнина / А. В. Артемов, А. Б. Якимова, А. С. Ершова, Д. А. Симбирцев // *Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XXI Международной научно-технической конференции*. Вологда : Вологодский государственный университет, 2023. С. 148–152.

References

1. Zyryanov M. A., Medvedev S. O., Mohirev A. P. The use of sawmill waste in the context of sustainable development of the wood processing industry // *Sustainable development: geo-political transformation and national priorities : materials of the XIX International Congress with elements of a scientific school for young scientists, Moscow, March 30–31, 2023*. In 2 volumes. Vol. 1. M. : S. Y. Witte Moscow University, 2023. P. 210–217.

2. Thermal utilization of waste from woodworking enterprises / A. N. Grachev, R. G. Safin, I. A. Valeev [et al.] // *Bulletin of the Moscow State University of Forestry – Forest bulletin*. 2008. No. 4. P. 71–75.

3. Trends in the development of methods of utilization of bark and bark-wood waste long-term storage (review) / V. V. Volodin, A. A. Shubakov, S. O. Volodina [and others] // *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2022. Vol. 23, No. 5. P. 611–632.

4. Potapov D., Orekhov N. Mechanisms of soot thermal decomposition: Reactive molecular dynamics study // *Combustion and Flame*. 2023. Vol. 249. P. 112596.

5. Wood-polymer composites based on sawdust and secondary polypropylene / A. S. Ershova, E. A. Kamenchenko, A. E. Shkuro, A. V. Artemov // *The woodworking industry*. 2020. No. 1. P. 53–62.

6. Carbon sorbents based on wood and vegetable waste / D. Y. Dvoryankin, M. E. Safonova, I. A. Klepalova, I. G. Pervova // Forests of Russia and their management. 2024. № 1 (88). P. 171–180.

7. Assessment of protective and decorative properties of plastics without binders based on woodworking waste and pigment in the form of hydrolysis protein / A. V. Artemov, A. B. Yakimova, A. S. Ershova, D. A. Simbirtsev // Current problems of the development of the forest complex : proceedings of the XXI International Scientific and Technical Conference. Vologda : Vologda State University, 2023. P. 148–152.