

JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION OF A TECHNOLOGICAL SCHEME FOR THE UTILIZATION OF BIOMASS PYROLYSIS PRODUCTS

Arziev Bakhrom - Doctoral Student (PhD), **Toshmamatov Bobir** - PhD, Ass.Prof.,
Dekhkonov Behruz -Student, Karshi State Technical University, Karshi

***Abstract.** The article examines current challenges associated with the growing global demand for fuel and energy resources, the depletion of fossil fuel reserves, and the negative environmental impacts of conventional energy systems. As one of the promising approaches to addressing these challenges, the possibilities of processing agricultural and hydrocarbon-containing wastes through pyrolysis are analyzed. It has been established that the thermochemical decomposition of biomass results in the formation of biochar, bio-oil, and pyrolysis gas, which possess high energy potential and broad practical application opportunities. Based on the conducted analysis, a technological scheme for biomass processing by pyrolysis has been developed, including the stages of feedstock preparation, drying using solar energy and secondary heat, the pyrolysis process, purification of the obtained products, and their subsequent efficient utilization. The main directions for the application of biochar, bio-oil, and pyrolysis gas in the energy sector, chemical industry, and agriculture are presented. The proposed technological scheme makes it possible to effectively utilize the energy potential of biomass, reduce waste volumes, improve the efficiency of renewable energy resource utilization, and enhance the environmental performance of energy systems.*

Keywords: biomass, pyrolysis, biochar, bio-oil, pyrolysis gas, renewable energy sources, bioenergy, agricultural waste, thermochemical processing, technological scheme.

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА БИОМАССЫ

Арзиев Бахром-докторант, Тошмаматов Бобир-PhD, доц., Бехруз Дехконов –



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

студент Каршинский государственный технический университет, г. Карши

***Аннотация.** В статье рассмотрены актуальные проблемы, связанные с ростом мирового спроса на топливно-энергетические ресурсы, сокращением запасов ископаемого топлива и негативным воздействием традиционной энергетики на окружающую среду. В качестве одного из перспективных направлений решения данных проблем проанализированы возможности переработки сельскохозяйственных и углеводородсодержащих отходов методом пиролиза. Установлено, что в результате термохимического разложения биомассы образуются биоуголь, бионефть и пиролизный газ, обладающие высоким энергетическим потенциалом и широкими возможностями практического применения. На основе проведённого анализа разработана технологическая схема переработки биомассы методом пиролиза, включающая стадии подготовки сырья, сушки с использованием солнечной энергии и вторичного тепла, процесса пиролиза, очистки получаемых продуктов и их последующего эффективного использования. Приведены основные направления применения биоугля, бионефти и пиролизного газа в энергетике, химической промышленности и сельском хозяйстве. Предложенная технологическая схема позволяет эффективно использовать энергетический потенциал биомассы, сокращать объёмы отходов, повышать эффективность использования возобновляемых энергетических ресурсов и улучшать экологические показатели энергетических систем.*

***Ключевые слова:** биомасса, пиролиз, биоуголь, бионефть, пиролизный газ, возобновляемые источники энергии, биоэнергетика, сельскохозяйственные отходы, термохимическая переработка, технологическая схема.*

Введение. Традиционные топливно-энергетические ресурсы, включая уголь, нефть и природный газ, относятся к невозобновляемым источникам энергии,



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

сформировавшимся в течение миллионов лет. Их использование сопровождается загрязнением атмосферы и оказывает негативное воздействие на экологическую устойчивость окружающей среды. Несмотря на это, потребность в данных энергоресурсах остается чрезвычайно высокой, а темпы их потребления значительно превышают скорость естественного восполнения [1,2].

В процессе добычи, переработки и сжигания традиционных топливно-энергетических ресурсов в атмосферу выбрасываются значительные объемы диоксида углерода (CO_2), который является одним из основных факторов глобального изменения климата [1]. Кроме того, на этапах разведки нефтяных месторождений, добычи, хранения и транспортировки нефти возникают разливы нефтепродуктов и аварийные ситуации, оказывающие существенное негативное воздействие на окружающую среду, особенно на водные ресурсы [2,3].

Несмотря на указанные недостатки и экологические последствия, ископаемые топливно-энергетические ресурсы продолжают занимать ведущие позиции в мировом энергопотреблении благодаря высокой энергетической ценности и совместимости с существующей энергетической инфраструктурой [4]. Указанные обстоятельства и их последствия обуславливают необходимость перехода к возобновляемым источникам энергии и экологически безопасным энергетическим ресурсам. Мировое потребление топливно-энергетических ресурсов неуклонно возрастает, что приводит к обострению проблем, связанных с истощением запасов ископаемого топлива. В настоящее время на долю традиционных топливно-энергетических ресурсов приходится около 75-80% мирового энергетического баланса. По данным Международного энергетического агентства, наблюдается устойчивый рост мирового потребления энергии. В частности, если в 2025 году мировой спрос на нефть составлял примерно 300-305 млн баррелей в год, то в 2026 году ожидается его увеличение на 90 тыс. баррелей



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

с достижением уровня 310-320 млн баррелей в год к концу года [5,6].

Методы и материалы

Результаты исследований, проведенных специалистами в области потребления природных топливных ресурсов, свидетельствуют о том, что при сохранении современных темпов потребления существующие запасы сырой нефти и нефтепродуктов к 2050 году могут оказаться недостаточными для полного удовлетворения растущих потребностей мировых потребителей. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы рационального использования энергетических ресурсов, повышения энергоэффективности и расширения масштабов внедрения возобновляемых источников энергии [7].

Сохранение запасов ископаемого топлива и обеспечение экологической устойчивости являются одними из важнейших задач современной энергетики. В этом направлении эффективным и перспективным решением считается использование возобновляемых источников энергии, в частности вторичного энергетического потенциала сельскохозяйственных и углеводородсодержащих отходов. Биотопливо, получаемое методом гелиопиролиза из сельскохозяйственных отходов (стебли кукурузы, хлопчатника, древесные отходы, солома, рисовая шелуха и другие виды биомассы), а также углеводородсодержащих отходов (остатки мазута, нефтяные эмульсии, пластиковые бутылки, резинотехнические изделия, полиэтиленовые пакеты и др.), рассматривается в качестве перспективной альтернативы традиционным ископаемым видам топлива.

Сельскохозяйственные отходы являются перспективным сырьем для процессов пиролиза биомассы благодаря их возобновляемости и высокой энергетической ценности. В процессе пиролиза сельскохозяйственные отходы подвергаются нагреву до высоких температур в бескислородной среде или в среде



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

с крайне низким содержанием кислорода. В результате протекают процессы термохимического разложения органического сырья с образованием твёрдых, жидких и газообразных продуктов пиролиза [8,9].

К основным продуктам пиролиза относятся биоуголь, бioneфть и пиролизный газ. Полученные продукты обладают значительным энергетическим потенциалом и могут использоваться в качестве топлива, химического сырья, адсорбентов, почвоулучшающих материалов и других ценных продуктов, что способствует комплексной переработке отходов и повышению эффективности использования возобновляемых энергетических ресурсов.

Результаты. В результате пиролиза биомассы образуется твердый продукт, известный как биоуголь. Он богат углеродом и обладает свойством улучшать плодородие почвы. Жидкий продукт пиролиза, называемый пиролизной жидкостью (бioneфтью), представляет собой темно-коричневую жидкость, которая может быть использована как топливо или ценный исходный материал для химической отрасли. Пиролизный газ, или пирогаз, представляет собой газообразное вещество, состоящее в основном из оксида углерода (CO), водорода (H₂) и других компонентов синтез-газа. Этот газ не только удовлетворяет энергетические потребности самой пиролизной установки, но и может быть использован для производства электроэнергии и тепла, а также служить сырьем для химической промышленности.

Рост мирового спроса на топливно-энергетические ресурсы, значительное повышение цен на энергоносители и необходимость снижения антропогенной нагрузки на атмосферу способствуют расширению масштабов использования биоэнергетических ресурсов за пределами традиционного сельскохозяйственного сектора. В последние годы особое внимание уделяется возможностям получения биотоплива из сельскохозяйственных отходов.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

При выборе сырья для пиролиза биомассы важно учитывать его экологическую и ресурсную устойчивость, поскольку при сжигании продуктов пиролиза также могут образовываться выбросы парниковых газов (GHG). В связи с этим приоритет следует отдавать таким видам биомассы, как древесные остатки и сельскохозяйственные отходы, использование которых способствует сокращению выбросов парниковых газов. Подобный подход обеспечивает развитие систем «зеленой» энергетики, рациональное использование возобновляемых ресурсов и сохранение экологической устойчивости окружающей среды [3].

На основании проведенного анализа авторами разработана технологическая схема переработки биомассы методом пиролиза, отражающая последовательность технологических операций и основные направления использования получаемых твердых, жидких и газообразных продуктов. Разработанная технологическая схема представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Технологическая схема переработки биомассы методом пиролиза и использования продуктов пиролиза.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

На рисунке 1 представлена технологическая последовательность переработки биомассы методом пиролиза. На первом этапе биомасса подвергается сортировке и измельчению. Далее для снижения содержания влаги осуществляется процесс сушки с использованием вторичной тепловой энергии пиролизной установки или солнечной энергии. Подготовленная биомасса загружается в пиролизный реактор, где в бескислородной среде подвергается термохимическому разложению. Для поддержания процесса пиролиза в реакторе используются получаемые пиролизные продукты в качестве топлива.

Выводы

В результате пиролиза биомассы образуются биоуголь (biochar), бионефть и пиролизный газ. Полученный биоуголь может применяться в качестве почвоулучшающего материала, твердого топлива, адсорбента и теплоизоляционного материала. Бионефть и пиролизный газ подвергаются охлаждению и химической очистке, после чего могут использоваться в качестве топлива и сырья для химической промышленности. Кроме того, бионефть и пиролизный газ могут применяться в качестве топлива в пиролизных реакторах, автономных водогрейных котлах, электрогенераторах и энергетических печах.

Предложенная технологическая схема обеспечивает комплексное использование энергетического потенциала биомассы, снижение объемов отходов и повышение эффективности использования возобновляемых источников энергии. В результате повышается эффективность использования энергетических ресурсов и улучшаются экологические показатели энергетических систем.

Список использованной литературы

1. Wang J., Azam W. Natural Resource Scarcity, Fossil Fuel Energy Consumption, and Total Greenhouse Gas Emissions in Top Emitting Countries // Geoscience Frontiers. – 2024. – Vol. 15. – Article 101757.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

2. Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М. Энергоэффективные системы и технологии с использованием альтернативных источников энергии // Альтернативная энергетика. Научно – технический журнал. -2021. -№1. - с. 7-20.

3. Toshmamatov B.M., Uzboev M.D., Mamatova M. Analysis Of Thermal And Technical Parameters Of Alternative Fuels Obtained From Biomass Pyrolysis. American Journal of Applied Science and Technology. 2025. 5/12. Pp. 161-166.

4. Akpan E.E. Environmental Consequences of Oil Spills on Marine Habitats and the Mitigating Measures—The Niger Delta Perspective // Journal of Geoscience and Environment Protection. – 2022. – Vol. 10. – Pp. 191–203.

5. Onyena A.P., Sam K. A Review of the Threat of Oil Exploitation to Mangrove Ecosystem: Insights from Niger Delta, Nigeria // Global Ecology and Conservation. – 2020. – Vol. 22. – Article e00961.

6. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2010 Edition. – Paris: International Energy Agency, 2010. – 738 p.

7. Toshmamatov B.M. Uzboev M.D. Analysis of technologies and devices for burning alternative biomass-derived fuels. International Journal of Science and Technology, Volume 03, Issue 02. 2026, PP. 13–17.

8. Toshmamatov B.M., Uzboev M.D., Mamatova M. Development of a Method for Obtaining Energy-Efficient Water-Coal Fuel Based on Biomass Pyrolysis Products. Alternative energy. 2025. 4(21). pp. 38-44.

9. Blondeel M., Bradshaw M.J., Bridge G., Kuzemko C. The Geopolitics of Energy System Transformation: A Review // Geographical Compass. – 2021. – Vol. 15. – Article e12580.

