УДК 658.261

ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ УТИЛИЗАЦИИ БИОМАССЫ РИСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

OVERVIEW OF PROMISING AREAS OF BIOMASS UTILIZATION RICE INDUSTRY WITH ENERGY PRODUCTION

Шапошников Валентин Васильевич
кандидат технических наук,
доцент,
проректор по научной работе и инновациям,
Кубанский государственный технологический университет
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Шелест Никита Андреевич
аспирант,
лаборант-исследователь,
Кубанский государственный технологический университет
shelest.nikita2018@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются ключевые аспекты использования рисовой шелухи и рисовой соломы в качестве значимых источников возобновляемой энергии. Обсуждаются различные физические и химические методы предварительной обработки, которые могут упростить переработку и транспортировку рисовой соломы и шелухи. Статья освещает современные термохимические и биохимические технологии, используемые для переработки рисовой шелухи и соломы в энергию. Затрагиваются проблемы, возникающие при утилизации отходов рисоперерабатывающих заводов. Проанализированы перспективные направления утилизации рисовой шелухи и соломы. Сделан вывод о возможности совершенствования процесса утилизации.

Ключевые слова: рисовая лузга, солома, газификация, зола, рисопереработка, возобновляемый источник энергии, вторичные материальные ресурсы.

Shaposhnikov Valentin Vasilievich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Vice-Rector for Research and Innovation,
Kuban State Technological University
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Shelest Nikita Andreevich
Postgraduate Student,
Research Assistant,
Kuban State University of Technology
shelest.nikita2018@yandex.ru

Annotation. This article discusses the key aspects of using rice husks and rice straw as significant sources of renewable energy. It explores various physical and chemical pretreatment methods that can simplify the processing and transportation of rice straw and husks. The article highlights the current thermochemical and biochemical technologies used for converting rice husks and straw into energy. It also addresses the challenges associated with the disposal of rice mill waste. The article analyzes the potential applications of rice husks and straw in the energy sector. Finally, it concludes with a discussion of the opportunities for improving the recycling process..

Keywords: rice hulls, straw, gasification, ash, rice processing, renewable energy source, secondary material resources.

Прогнозируется, что ископаемое топливо (нефть, природный газ и уголь) останется доминирующим источником энергии к 2030 году [8]. Большая зависимость от ископаемого топлива способствует его истощению и изменению климата. Эти проблемы стимулировали разработку и использование альтернативных источников энергии, таких как биомасса, солнечная, ветровая и гидроэнергия. Среди этих возобновляемых источников энергии сельскохозяйственные остатки (биомасса) могут стать важным источником топлива.

Нестабильные цены на нефть и растущая озабоченность защитой окружающей среды вновь обратили внимание мировой общественности на альтернативные источники энергии.

В рисовой промышленности остатки биомассы, которые обычно используются для производства энергии – это рисовая солома и рисовая шелуха, которые являются остатками сельскохозяйственных культур и остатками агропромышленного производства, соответственно.

Рисовая солома – это стебель рисового растения, который в качестве отходов на поле после уборки рисового зерна (т.е. семян риса).

Рисовая шелуха – это внешний слой рисового семени. Рисовая шелуха удаляется с рисового зерна как побочный продукт процессе помола.

Сборы риса в 2024 году по данным Росстата составили более 1,2 млн тонн, что превышает значения годичной давности более чем на 15 %. Прирост обеспечен как за счет расширения площадей (на 8,9 % до 208,9 тыс. га), так и за счет повышения урожайности (на 5,6 % до рекордных 61,1 ц/га). Рисоводство России динамично развивается не только в краткосрочном, но и в долгосрочном периоде. За прошедшие 20 лет сбор риса в России вырос в 2,7 раза (в 2004 году сборы риса в стране составляли всего 469,8 тыс. тонн). Лидером по сбору риса в РФ в 2024 году является Краснодарский край, где собрали 829,0 тыс. тонн – 65,9 % от общего по стране объема [10].

Утилизация отходов рисового производства

До сих пор сжигание на открытом поле, которое часто проводится после сезона сбора урожая, является наиболее распространенной практикой обращения с рисовой соломой во многих странах Азии. По данным исследования, в Таиланде 90 % рисовой соломы, собранной в пик сезона сбора урожая в ноябре-декабре, сжигается на открытых полях [2]. Как и рисовая солома, рисовая шелуха обычно утилизируется путем открытого сжигания в поле. Такая практика приводит к нерациональному использованию энергии и представляет угрозу для окружающей среды и здоровья населения.

Специальные исследования, проведенные в Японии и США, связывают сжигание рисовой соломы с приступами астмы, возникающими в определенных регионах этих стран. Кроме того, выбросы CO2 при сжигании на открытых площадках ускоряют повышение температуры атмосферы и вызывают глобальное потепление. [5, 6]

В последствии методы утилизации и использования рисовой соломы и рисовой шелухи изменились в сторону глобальной программы «отходы – ресурсы». В последнее время рисовая солома и рисовая шелуха используются как строительные материалы [7, 4], адсорбент тяжелых металлов, а также для производства энергии и топлива.

Технологии преобразования рисовой биомассы в энергию

В целом, биомасса может быть преобразована в энергетические продукты с помощью двух процессов:

1. Термохимический процесс.
2. Биохимический процесс.

Термохимические процессы можно классифицировать на две основные категории. Первая категория охватывает непосредственное использование биомассы в качестве топлива для сжигания, что приводит к выработке тепла и электроэнергии. Вторая категория включает преобразование биомассы в другие полезные энергетические продукты перед её использованием в качестве источника энергии. Ниже представлен обзор различных термохимических технологий, включая прямое сжигание, газификацию, сжижение, гидрогенизацию, а пиролиз рассмотрен более подробно.

1.1 Прямое сжигание

При прямом сжигании биомасса используется в качестве топлива в комбинированном котле для производства пара (источника тепла) при наличии достаточного количества воздуха в камере сгорания. Тепло и электричество могут вырабатываться одновременно (когенерация) с помощью турбин. В целом, технологии сжигания биомассы можно разделить системы с неподвижным слоем и псевдоожиженным слоем.

Благодаря сравнению системы газификатор – двигатель внутреннего сгорания и системы котел – турбина, получилось оценить экономическую целесообразность данных установок на паровых электростанциях. Результаты показывают, что обе системы экономически целесообразны для удовлетворения потребности в энергии [2].

Позднее совместными усилиями группы ученных из Португалии и Дании были рассмотрены три электростанции различной мощности работающих частично на отходах рисоперерабатывающего производства, генерация электроэнергии по средствам сжигания рисовой шелухи и соломы составила 400 кВт, 2 МВт и 5 МВт соответственно. Исследование показало, что для крупных заводов производство электроэнергии будет экономически целесообразным при условии, что будут учтены доходы от продажи золы. (добавить конкретики) [11].

1.2 Газификация

В процессе газификации биомасса непосредственно преобразуется в синтез-газ (сингаз) в газификаторе при контролируемом количестве воздуха. Сингаз может быть использован в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) или в водогрейном котле-утилизаторе для производства тепла входящим в состав когенерационной системы для производства тепла и электроэнергии.

Ранее была рассчитана удельная стоимость электроэнергии при использовании системы выработки электроэнергии на основе газификатора из рисовой шелухи и оценена ее финансовая целесообразность по сравнению с поставщиками коммунальных услуг и дизельным топливом потенциал производства электроэнергии в сельской местности с помощью системы газификации биомассы. Данное исследование показало, что осуществимость крупномасштабных проектов по переработки рисовой соломы и шелухи в значительной степени зависит от местоположения завода, которое влияет на доступность ресурсов и логистические затраты [2].

1.3 Анаэробное сбраживание

В процессе анаэробного сбраживания микроорганизмы в отсутствие кислорода превращают биомассу в биогаз, представляющий собой смесь метана и углекислого газа. Продукты биогаза впоследствии используются в качестве топлива для получения тепла и энергии.

Первые исследования доказывают жизнеспособность анаэробного сбраживания для смесей рисовой соломы и других органических отходов. Для повышения перевариваемости биомассы были изучены методы предварительной обработки, включая предварительную обработку щелочью, тепло-

вую предварительную обработку. Среди этих методов предварительная обработка щелочью особенно эффективна при обработке лигниновой биомассы для анаэробного сбраживания.

Выход биогаза из рисовой соломы, обработанной гидроксидом натрия, повысился на 27,3–64,5 %. Малогабаритные газовые реакторы применяются в ряде развивающихся стран, в частности, в Китае [9, 2], Индии и Вьетнаме.

Рисовая солома и рисовая шелуха являются основными сельскохозяйственными отходами (или биомассой), возникающими в процессе переработки риса. Во многих странах эти виды биомассы имеют значительный потенциал для преобразования в энергию, что может помочь удовлетворить энергетические потребности рисоперерабатывающих предприятий в следующих странах: Китай, Индия, Индонезия, Российская Федерация и другие. Применение рисовой соломы и шелухи в качестве источников возобновляемой энергии может обеспечить как экологические, так и экономические преимущества. Тепло и электроэнергия, получаемые в системах ко- тригенерации, могут удовлетворять энергетические нужды местных рисовых заводов, а избыточная электроэнергия может быть направлена на экспорт в национальную сеть.

Другие потенциальные источники энергии из рисовой шелухи и рисовой соломы, которые можно использовать для отопления и производства электроэнергии, включают метан и водород, получаемые в результате различных процессов преобразования биомассы. Этанол – еще один важный источник энергии, получаемый, в частности, из рисовой соломы. Он обычно используется в общественном транспорте и способен снизить зависимость от ископаемого топлива. Несмотря на все потенциальные преимущества, необходимы дальнейшие исследования по оптимальному использованию ресурсов рисовой соломы и рисовой шелухи на рисовых фабриках и по промышленной коммерциализации этих технологий.

Выводы:

1. Рисовая солома и рисовая шелуха используются, как в строительной, так и в металлургической промышленности.

2. Для крупных заводов производство электроэнергии при использовании системы на основе газификатора из рисовой шелухи будет экономически целесообразным, если учитывать прибыль от продажи золы.

3. Сельскохозяйственные остатки, такие как рисовая шелуха, могут содержать высокий энергетический потенциал, однако для обеспечения системы газификации биомассы в долгосрочной перспективе необходимо создавать комплексы на базе рисоперерабатывающих заводов, чтобы обеспечить достаточное количество ресурсов.

4. Выход биогаза из рисовой соломы, обработанной гидроксидом натрия, повысился на 27,3–64,5 %. Малогабаритные газовые реакторы применяются в части развивающихся стран.

Список литературы:

1. Перспективные направления утилизации рисовой лузги / А.В. Гребенкина [и др.] // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 7. – С. 177–184.

2. Lim J.S. A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – № 16(5). – P. 3084–3094.

3. A techno-economic assessment of rice husk-based power generation in the Mekong River Delta of Vietnam / M.M. Bergqvist [et al.] // Int J Energy Res.– 2008. – № 32. – P. 1136–50.

4. Бисенов К.А. Экономически эффективная технология изготовления композиционного материала на основе рисовой соломы и лузги / К.А. Бисенов, С.С. Удербаев, У.Ж. Шалболова // Вопросы региональной экологии. – 2013. – № 3. – С. 19–25.

5. Tipayarom D. Oanh NTK. Effects from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok metropolitan region. Sci Asia. – 2007. – № 33: 339–45.

6. Современные проблемы науки и образования / Под ред. доктора медицинских наук, профессора М.Ю. Ледванова. – Саратов : Евроазиатская научно-промышленная палата, 2018. – Т. VI. – С. 106–107.

7. Microwave-assisted alkali pretreatment of rice straw to promote enzymatic hydrolysis and hydrogen production in dark- and photo-fermentation / J. Cheng [et al.] // Int J Hydrogen Energy. – 2011. – № 36: 2093–101.

8. Перспективные методы переработки рисовой лузги. – URL : http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6216 (дата обращения 01.03.2025).

9. Van Groenendaal W. Microanalysis of the benefits of China's family size bio-digesters. Energy / W. Van Groenendaal, W. Gehua. – 2010. – 35:4457–66.

10. Рекордный урожай риса получен в России в 2024 году. – URL : https://ab-centre.ru/news/rekordnyy-urozhay-risa-poluchen-v-rossii-v-2024-godu (дата обращения 01.03.2025).

List of references:

1. Promising directions of rice husk utilization / A.V. Grebenkina [et al.] // Scientific Works of KubSTU. – 2017. – № 7. – P. 177–184.

2. Lim J.S. A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – № 16(5). – P. 3084–3094.

3. A techno-economic assessment of rice husk-based power generation in the Mekong River Delta of Vietnam / M.M. Bergqvist [et al.] // Int J Energy Res.– 2008. – № 32. – P. 1136–50.

4. Bisenov K.A. Economically effective technology for manufacturing a composite material based on rice straw and husks / K.A. Bisenov, S.S. Uderbaev, U.Zh. Shalbologova // Issues of Regional Ecology. – 2013. – № 3. – P. 19–25.

5. Tipayarom D. Oanh NTK. Effects from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok metropolitan region. Sci Asia. – 2007. – № 33: 339–45.

6. Modern Problems of Science and Education / Edited by Doctor of Medical Sciences, Professor M.Yu. Ledvanov. – Saratov : Euro-Asian Scientific and Industrial Chamber, 2018. – Vol. VI. – P. 106–107.

7. Microwave-assisted alkali pretreatment of rice straw to promote enzymatic hydrolysis and hydrogen production in dark- and photo-fermentation / J. Cheng [et al.] // Int J Hydrogen Energy. – 2011. – № 36: 2093–101.

8. Promising methods of rice hull processing. – URL : http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6216 (date of application 01.03.2025).

9. Van Groenendaal W. Microanalysis of the benefits of China's family size bio-digesters. Energy / W. Van Groenendaal, W. Gehua. – 2010. – 35:4457–66.

10. A record-breaking rice harvest was obtained in Russia in 2024. – URL : https://ab-centre.ru/news/rekordnyy-urozhay-risa-poluchen-v-rossii-v-2024-godu (date of application 01.03.2025).