

Полянская О.А. <sup>1</sup>, Моисеева Е.Е. <sup>2</sup>, Шишмарева А.В. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

## Направления использования древесных отходов на основе экотехнологий

### ЦИТИРОВАТЬ СТАТЬЮ:

Полянская О.А., Моисеева Е.Е., Шишмарева А.В. Направления использования древесных отходов на основе экотехнологий // Креативная экономика. – 2022. – Том 16. – № 11. – С. 4409–4422. doi: [10.18334/ce.16.11.116517](https://doi.org/10.18334/ce.16.11.116517)

### АННОТАЦИЯ:

Экологические технологии стремятся удовлетворить потребности человека, вызывая при этом минимальное экологическое разрушение природной среды. Устойчивое развитие требует внедрения экологически чистых технологий, которые являются одновременно эффективными и адаптированными к местным условиям. Экотехнологии позволяют улучшить экономические показатели при минимизации вреда окружающей среде. В данной статье проведен обзор основных теоретических положений экологических технологий, на основе которых выявлены приоритетные отрасли их внедрения. Так, лесопромышленный комплекс ввиду возрастающей экологической важности является подходящим объектом для совершенствования подходов к рациональному и эффективному использованию природных ресурсов за счет использования современных и перспективных технологий. В результате обзора действующих производственных технологий по переработке древесных отходов сформирован перечень экологических технологий, применение которых возможно в смежных отраслях экономики. Реализация предложенных направлений позволит получить ряд эффектов, положительно сказывающихся на деятельности лесопромышленного комплекса региона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** комплексное использование, природные ресурсы, рециклинг, лесопромышленный комплекс, древесные ресурсы, древесные отходы, продукция лесопромышленного комплекса, уровень переработки, экологические технологии, экотехнологии

### ОБ АВТОРАХ

Полянская Ольга Алексеевна, заведующий кафедрой экономики, учета и анализа хозяйственной деятельности, кандидат экономических наук, доцент ([Polyanskaya\\_78@mail.ru](mailto:Polyanskaya_78@mail.ru))

Моисеева Елена Евгеньевна, заведующий кафедрой экономики предприятий и отраслей, кандидат экономических наук, доцент ([mee.05@mail.ru](mailto:mee.05@mail.ru))

Шишмарева Анна Вячеславовна, старший преподаватель кафедры экономики предприятий и отраслей ([shishmareva16@mail.ru](mailto:shishmareva16@mail.ru))



Polyanskaya O.A. <sup>1</sup>, Moiseeva E.E. <sup>2</sup>, Shishmaryova A.V. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State Forest Technical University, Russia

<sup>2</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Russia

## Directions of using wood waste based on ecotechnologies

### CITE AS:

Polyanskaya O.A., Moiseeva E.E., Shishmaryova A.V. (2022) Napravleniya ispolzovaniya drevesnyh otkhodov na osnove ekotekhnologiy [Directions of using wood waste based on ecotechnologies]. *Kreativnaya ekonomika*. 16. (11). – 4409–4422. doi: [10.18334/ce.16.11.116517](https://doi.org/10.18334/ce.16.11.116517)

### ABSTRACT:

Environmental technologies seek to meet human needs while causing minimal environmental destruction of the natural environment. Sustainable development requires the introduction of environmentally friendly technologies that are both efficient and adapted to local conditions. This article provides an overview of the main theoretical provisions of environmental technologies. On their basis, the priority sectors of environmental technology implementation are identified. In view of the growing environmental importance, the timber industry is a suitable object for improving approaches to the rational and efficient use of natural resources through the implementation of modern and promising technologies. As a result of a review of existing production technologies for the processing of refuse wood, a list of environmental technologies was formed. Their application is possible in related sectors of the economy. The implementation of the proposed directions will make it possible to obtain a number of effects that have a positive impact on the activities of the timber industry in the region.

**KEYWORDS:** integrated use, natural resources, recycling, timber industry, wood resources, refuse wood, timber products, processing level, environmental technologies, ecotechnology

**JEL Classification:** L73, Q23, Q53, Q56

**Received:** 24.10.2022 / **Published:** 30.11.2022

© Author(s) / Publication: CREATIVE ECONOMY Publishers

**For correspondence:** Polyanskaya O.A. (Polyanskaya\_78@mail.ru)

## Введение

Экотехнологии – это набор мер по выпуску товаров и предоставлению услуг, которые позволяют оценивать, предотвращать, ограничивать, исправлять или снижать до минимума ущерб, причиняемый окружающей среде и человеку [7] (*Mnishko, Efremochkina, 2017*). Таким образом, промышленность не только приводит к загрязнению окружающей среды, но и помогает решать экологические проблемы.

Предпосылки для развития экоиндустрии заключаются в росте промышленного производства и совершенствовании законодательства. Иными словами, предприятия и общество в лице государства должны не только желать решать экологические проблемы, но, что самое главное, иметь экономическую возможность их решать. На сегодняшний день экотехнологии – это один из основных трендов экономического развития. В России нашли применение следующие актуальные направления:

- возобновляемые источники энергии – выработка чистой электроэнергии без расходования невозполнимых природных ресурсов (гидроэнергетика, ветряная, солнечная, атомная энергетика);
- управление отходами и рециклинг – отдельный сбор и вторичная переработка отходов (металл, пластик, бумага, стекло и т.д.);
- «зеленое» строительство – использование технологий, которые позволяют экономить воду, электричество;
- выработка электричества и тепла из мусора – технологии переработки различного вида мусора и отходов в топливо;
- экотранспорт – изготовление топливных элементов, позволяющих работать двигателю без вредных выбросов в атмосферу;
- замкнутый цикл очистки сточных вод – реконструкция очистных сооружений на предприятиях тяжелой промышленности.

Актуальность данной тематики определяется тем, что использование экотехнологий в различных отраслях промышленности России позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Приоритетными являются отрасли, где в качестве сырья в большей степени используются природные ресурсы (лесопромышленный комплекс, нефте- и газодобывающая промышленность, тяжелое машиностроение, сельское хозяйство и т.д.). Использование ресурсов лесопромышленного комплекса на данном этапе развития технологий является нерациональным ввиду образования большого объема отходов, низкого процента выхода готовой продукции, большого срока восстановления лесных ресурсов и сокращения запасов лесных насаждений. Все

вышеперечисленное в совокупности оказывает негативное влияние на экологическую ситуацию.

Исследованию вопроса применения инновационных и экотехнологий по переработке сырья и древесных отходов посвящены работы Л.П. Гончаренко [1] (*Goncharenko, Voronova, Sybachin, Sharko, 2018*) А.А. Зырянова, Н.Г. Чистовой [2, 3] (*Zyryanov, Chistova, Shvetsov, Zaripov, 2010; Zyryanov, Dymchenko, Shvetsov, Ilyazova, 2019*), Иванова И.С. [4] (*Ivanov, 2009*) и др. Основным направлением является поиск путей повышения уровня максимального использования древесных отходов.

Цель статьи – рассмотрение и систематизация направлений переработки древесных отходов на основе экотехнологий.

Научная новизна публикации заключается в рассмотрении экологических технологий различных отраслей как инструмента переработки древесных отходов в разные продукты топлива, строительные материалы или компоненты для иных изделий и т.п.

Авторская гипотеза – использование технологий производства различных материалов предоставляет широкие возможности для утилизации отходов древесины.

Методология исследования заключается в оценке текущего состояния и тенденций развития лесопромышленного комплекса Красноярского края; выявлении причин возрастания объемов древесных отходов; анализе актуальных направлений переработки древесных отходов; систематизации направлений переработки древесных отходов на основе экотехнологий; выявлении причин, препятствующих полному переходу ЛПК на экологические технологии.

Красноярский край очень богат лесными ресурсами. Леса, расположенные на территории Красноярского края, характеризуются большой протяженностью и разнообразием лесных пород, в преобладающем большинстве хвойных. Общий запас древесины на территории Красноярского края, по данным государственного лесного реестра, составляет более 11 млрд м<sup>3</sup>, из них хвойных – 9,5 млрд м<sup>3</sup> [11]. Самый распространенный вид использования лесов – заготовка и переработка древесины. По официальным данным, на 2020 год на Красноярский край приходится до 12% заготовки древесины по Российской Федерации и 36% – по Сибирскому федеральному округу. Доля лесопромышленного комплекса Красноярского края в российском экспорте лесной продукции составляет 5%. Удельный вес продукции из древесины в объеме экспорта составляет более 12%. В большей части экспорт сконцентрирован на странах дальнего зарубежья – 70%. На страны дальнего зарубежья в общем

объеме экспорта в 2019 г. приходилось 92,5% экспортных поставок из Красноярского края, а на ближнее зарубежье – 7,5% [10]. Предприятия ЛПК края в большей степени ориентированы на ведение лесозаготовительной деятельности (19%), а также организацию лесопильного (33%) и деревообрабатывающего производства (16%), что в общем итоге составляет около 45% предприятий комплекса [11].

Согласно «Стратегии развития Красноярского края до 2030 года», для сохранения конкурентоспособности лесопромышленного комплекса региона ключевой задачей в развитии ЛПК края должно стать максимально эффективное использование лесосырьевой базы. К 2030 году доходы, получаемые с кубометра заготавливаемого леса, необходимо увеличить в 2,5–3 раза, что позволит краю достичь доходности лесопереработки в ведущих странах – производителях лесопромышленной продукции США, Канады, Швеции, Финляндии. Повышение эффективности производства необходимо обеспечить за счет увеличения глубины переработки древесины и внедрения механизмов комплексной переработки с вовлечением в производство мелко-товарной и низкокачественной древесины и отходов деревообработки [1, 4] (*Goncharenko, Voronova, Sybachin, Sharko, 2018; Ivanov, 2009*).

В целях развития отрасли планируется расширение ассортимента производимой продукции путем модернизации существующих производств, внедрения инвестиционных проектов и формирования инновационного лесного кластера, который будет включать организацию глубокой механической переработки древесины, производство продукции целлюлозно-бумажной промышленности, создание инновационной продукции из древесного сырья. Основным источником для внедрения инновационных производств являются древесные отходы.

## Лесная отрасль Красноярского края и тенденции развития ЛПК

Большинство лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий оставляют после производства готовой продукции от 25–40% отходов от общего объема сырья. В 2019 г. суммарные отходы ЛПК края составили 15,84 млн м<sup>3</sup> – это более 50% от совокупного объема заготовки древесины. При этом на отходы деревообработки приходится около 55% от общего объема отходов (*рис. 1*) [11, 12] (*Moiseeva, Shishmareva, 2020*).

Основные потери (20–25% от общего объема) приходятся на древесную зелень (лесосечные отходы), кору (отходы деревообработки), а также опилки и стружки (отходы лесопиления). Запасы отходов лесодобычи и лесоперера-

ботки в нашей стране чрезвычайно велики. В частности, согласно имеющимся оценкам, объем только древесной зелени спелых древостоев превышает 3 млрд т, из которых 30,4 млн т являются экономически доступными [11].



**Рисунок 1.** Структура использования древесного сырья, 2020 год, %

Источник: составлено авторами на основе [10–12] (Moiseeva, Shishmareva, 2020).

Отходы образуются практически на всех стадиях лесозаготовительного и деревоперерабатывающего процессов. По месту образования отходы можно разделить на лесосечные и отходы переработки древесины. Лесосечные отходы образуются в процессе заготовки древесины и в большинстве случаев оставляются в лесу. К основным причинам возрастания объемов древесных отходов на предприятиях ЛПК края можно отнести:

- территориальную разобщенность мелких лесопильно-деревообрабатывающих предприятий;
- сложность сбора отходов и организации мест их промежуточного хранения;
- отсутствие необходимого промышленного оборудования для переработки древесных отходов;
- несовершенство нормативно-правовой базы в сфере переработки древесных отходов;
- отсутствие моральных и материальных стимулов;
- нежелание вкладывать инвестиции и откладывать срок получения дохода.

В России проблема утилизации растительных отходов относится к числу наиболее актуальных, так как в настоящее время при существующих методах уровень переработки древесины в задействованных технологических

процессах низок. Переработанные древесные отходы способны стать недорогим сырьем для производства множества полезных материалов. Вопрос переработки и использования древесных отходов не теряет своей актуальности. Проводится большое количество опытов, экспериментов и исследований по поиску направлений переработки древесных отходов.

Наиболее известным и востребованным направлением переработки древесных отходов является производство различных видов прессованной древесной продукции [2] (*Zyryanov, Chistova, Shvetsov, Zaripov, 2010*). В то же время данные технологии не являются экологичными в полной мере, так как в производственном процессе используются формальдегиды, смолы и прочие связующие вещества.

В ряде работ рассматривается направление использования древесных отходов с различными добавками в качестве сорбента для очистки сточных вод. При этом отработанный сорбционный материал можно использовать в последующем в качестве добавки при изготовлении органических удобрений, содержащих микроэлементы, без вреда для экологии [5, 9] (*Lipunov, Nikiforov, Pervova, Tolmacheva, 2018; Shibeka, Protas, 2020*).

Также актуально такое направление переработки древесных отходов, как производство топливных брикетов, гранул и евродров. Исследования в области применения углеродсодержащих отходов в качестве альтернативного топлива в настоящее время относятся к числу приоритетных научно-технических задач. Применение термических методов утилизации таких отходов позволяет получать тепловую и электрическую энергию. В настоящее время достаточно развиты технологии по термохимической переработке древесных отходов. Посредством внедрения данных технологий осуществляется производство горючего газа, порошкообразного древесного угля, торфа, композитных материалов, смолы, уксусной кислоты и метанола.

Исследователи Томского политехнического университета разработали альтернативное топливо для малой энергетики. Они предложили использовать древесные опилки в качестве экологически эффективной добавки для производства смесевых угольных пеллет. Во многих регионах РФ успешно работают котельные на биотопливе, но их процент очень низок (1–2%) и о полном переходе в масштабах всей страны на источники энергии, которые возобновляются, речи в России пока нет [4] (*Ivanov, 2009*). Наряду с этим даже несколько биотопливных котельных могут служить примером для предприятий как собственного региона, так и в целом всей страны по эффективному использованию биомассы. Известны результаты по оценке возможности комбинированного использования древесных и растительных отходов

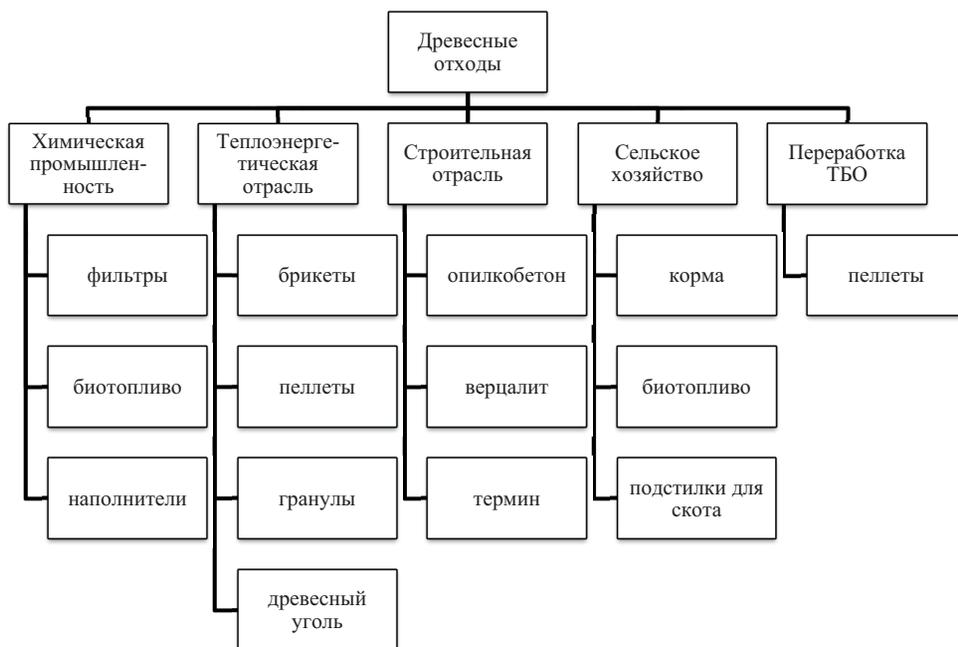
(отходов сельского хозяйства) в различных соотношениях для производства биотоплива, что несет большое экологическое значение [6, 8] (*Mikhaylichenko, Alshynbaev, 2019; Polyanskaya, Bepalova, 2021*).

Ввиду пристального внимания мировой общественности к вопросам бережного отношения к окружающей среде активно развивается производство товаров из биоразлагаемого сырья. В условиях введения ограничений на использование пластика растет производство упаковки с применением материалов на основе древесины. По данным FAOSTAT, в 2010 году доля производства упаковочных материалов из бумаги в общем производстве бумажных изделий составляла 24,2%, к 2020 году она выросла уже до 31,2%. По итогам 2020 года уже около 70% стран ограничили или вовсе отказались от использования одноразового пластика [10]. Переработка отходов целлюлозно-бумажной промышленности с точки зрения экологии является более эффективным методом. Отходы, имеющие в своем составе каолин и целлюлозу, могут быть использованы для изготовления отделочных и теплоизоляционных материалов [3] (*Zyryanov, Dymchenko, Shvetsov, Ilyazova, 2019*). Лигнин, являющийся компонентом древесины, имеет несколько сфер применения: в качестве компоста для обогащения плодородия почвы, для выращивания грибов, пригодных в пищу, а также может играть роль сорбента азотофиксирующих бактерий. Отходы целлюлозно-бумажного производства применяют и в гидролизной промышленности. С их помощью можно сделать спирт, глюкозу, кормовые дрожжи.

## Результаты

Основной идеей использования экологических технологий по производству продукции из древесных отходов является то, что отходы ЛПК могут быть переработаны в разные продукты топлива, строительные материалы или компоненты для иных изделий и т.п. без вреда или с минимальным влиянием на окружающую среду. Таким образом, древесные отходы являются сырьем для производств различных отраслей промышленности (*рис. 2*).

Для организации переработки отходов древесины важен региональный подход. Технологии производства различных материалов предоставляют широкие возможности для утилизации отходов древесины именно в масштабе регионов. Несмотря на большое разнообразие экотехнологий переработки отходов лесопромышленного комплекса, существует ряд проблем.



**Рисунок 2.** Направления переработки древесных отходов на основе экотехнологий

*Источник:* составлено авторами.

Во-первых, не все виды отходов могут служить в качестве сырья для экопереработки. Связано это с тем, что существует ряд технологических ограничений. Ярким примером являются отходы, получаемые в ходе лесозаготовительной деятельности, которые зачастую остаются брошенными на лесосеках (ветви, пни, древесная зелень и т.д.).

Во-вторых, крупные отходы (горбыль, кора, порубочные остатки) являются основой несанкционированных свалок как на территориях предприятий, так и за их пределами, что повышает уровень пожароопасности и загрязнения окружающей среды. Решение проблемы образования древесных отходов с помощью сжигания остатков производств оказывает значительный вред на экологию по причине выбросов парниковых газов, образования углеродного следа.

В-четвертых, транспортная удаленность предприятий ЛПК региона приводит к повышенным издержкам на вывоз продукции, что уже в первом приближении говорит о превышении цен на конечную продукцию по сравнению с альтернативными товарами на рынке.

## Заключение

В настоящее время для предприятий ЛПК становится актуальным вопрос об организации процесса переработки древесных отходов. Данный вопрос может быть решен несколькими путями: сбыт отходов сторонним организациям ЛПК, специализирующимся на переработке древесных отходов, либо организация собственного производства по переработке древесных отходов. Второй вариант при грамотном подходе и рациональном планировании является более выгодным, так как имеет ряд положительных эффектов, среди которых:

экономические эффекты:

- производство продукции с высокой добавленной стоимостью и получение дополнительной прибыли от реализации продукции из древесных отходов;
- расширение ассортимента производимой продукции и освоение новых рынков сбыта;
- повышение эффективности функционирования ЛПК региона и страны в целом;

технологические эффекты:

- усовершенствование технологического оснащения перерабатывающих производств и освоение инновационных технологий переработки древесных отходов;
- повышение уровня использования производственного, трудового и инновационного потенциала комплекса;
- создание бизнес-связок как внутри комплекса, так и с предприятиями смежных отраслей (химической промышленности, теплоэнергетической и строительной отрасли, сельским хозяйством);

экологические эффекты:

- сокращение воздействия на окружающую среду;
- повышение уровня переработки сырья;
- ориентация на принципы устойчивого развития, зеленой и циркулярной экономики;

социальные эффекты:

- формирование экологической ответственности у населения и представителей бизнес-сообществ;
- создание дополнительных рабочих мест и повышение престижности профессий ЛПК;
- увеличение платежей в ФОМС, ФСС, ПФР.

Таким образом, ориентация на экологичный подход к использованию древесного сырья соответствует тенденциям развития лесопромышленного комплекса, что находит отражение в документах стратегического планирования развития региона.

## ИСТОЧНИКИ:

1. Гончаренко Л.П., Воронова Т.А., Сыбачин С.А., Шарко Е.Р. [Применение инновационных технологий производства на предприятиях деревообрабатывающей промышленности России](#) // Теоретическая и прикладная экономика. – 2018. – № 3. – с. 70–87. – doi: 10.25136/2409–8647.2018.3.27199.
2. Зырянов М.А., Чистова Н.Г., Швецов В.А., Зарипов З.З. [Переработка древесных отходов в производстве древесно-волоконистых плит](#) // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 4.
3. Зырянов М.А., Дымченко В.Э., Швецов В.Ю., Ильязова Э.А. Производство древесной муки из отходов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств // Современные технологии: проблемы инновационного развития: Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2019. – с. 138–141.
4. Иванов И.С. Развитие инновационных экотехнологий, базирующихся на использовании древесных отходов. [Электронный ресурс]. URL: <https://naukarus.com/razvitie-innovatsionnyh-ekotehnologiy-baziruyuschih-sya-na-ispolzovanii-drevesnyh-othodov> (дата обращения: 16.08.2022).
5. Липунов И.Н., Никифоров А.Ф., Первова И.Г., Толмачева Н.О. [Извлечение фенола из сточных вод сорбентами на основе древесных отходов](#) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2018. – № 6. – с. 101–112.
6. Михайличенко Т.А., Алшынбаев С.Д. [Оценка возможности замены ископаемого топлива на пеллеты из древесных отходов \(биотопливо\) в условиях Кемеровской области](#) // Вестник Сибирского государственного промышленного университета. – 2019. – № 3 (29). – с. 25–28.
7. Мнишко А.В., Ефремочкина М.С. [Экотехнологии как альтернативный источник сокращения издержек](#) // Экономика и управление. – 2017. – № 10.
8. Полянская О.А., Беспалова В.В. [Эффективность создания безотходного производства на предприятии производства пеллет](#) // Журнал прикладных исследований. ООО «Университет дополнительного профессионального образования». – 2021. – № 3. – с. 46–51.
9. Шибека Д.А., Протас М.А. [Модифицированные сорбенты на основе древесных отходов для извлечения тяжелых металлов из сточных вод](#) // Труды Кольского научного центра РАН. Том 11. – 2020. – № 3–4. – с. 223–226.

10. Обзор лесопромышленного комплекса России 2021 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://proderevo.net/analytics/main-analytics/obzor-lesopromyshlennogo-kompleksa-rossii-2021-god.html> (дата обращения: 16.08.2022).
11. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение правительства РФ от 11.02.2021 г. № 312-р). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (дата обращения: 14.08.2022).
12. Moiseeva E.E., Shishmareva A.V. Complex Processing Assessment of Wood Waste of The Krasnoyarsk Region Forestry Complex // The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. 2020. – p. 258–268.

## REFERENCES:

- Goncharenko L.P., Voronova T.A., Sybachin S.A., Sharko E.R. (2018). *Primenenie innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva na predpriyatiyakh derevoobrabatyvayushchey promyshlennosti Rossii* [Application of innovative production technologies at the enterprises of the woodworking industry of Russia]. *Theoretical and Applied Economics*. (3). 70–87. (in Russian). doi: [10.25136/2409-8647.2018.3.27199](https://doi.org/10.25136/2409-8647.2018.3.27199).
- Lipunov I.N., Nikiforov A.F., Pervova I.G., Tolmacheva N.O. (2018). *Izвлечение фенола из сточных вод сорбентами на основе древесных отходов* [Phenol extraction from waste waters with wood waste based sorbents]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. (6). 101–112. (in Russian).
- Mikhaylichenko T.A., Alshynbaev S.D. (2019). *Otsenka vozmozhnosti zameny iskopaemogo topliva na pellety iz drevesnykh otkhodov (biotoplivo) v usloviyakh Kemerovskoy oblasti* [Assessment of possibility of replacing fossil fuel with pellets made of wooden waste (biofuel) in Kemerovo region]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta*. (3 (29)). 25–28. (in Russian).
- Mnishko A.V., Efremochkina M.S. (2017). *Ekotekhnologii kak alternativnyy istochnik sokrashcheniya izderzhek* [Green technology as an alternative source of cost reduction]. *Economics and management*. (10). (in Russian).
- Moiseeva E.E., Shishmareva A.V. (2020). *Complex Processing Assessment of Wood Waste of The Krasnoyarsk Region Forestry Complex The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS*. 258–268.

- Polyanskaya O.A., Bespalova V.V. (2021). *Effektivnost sozdaniya bezotkhodnogo proizvodstva na predpriyatii proizvodstva pellet* [Efficiency of creating waste-free production at a pellet production enterprise]. *Zhurnal prikladnyh issledovaniy. OOO «Universitet dopolnitelnogo professionalnogo obrazovaniya»*. (3). 46–51. (in Russian).
- Shibeka D.A., Protas M.A. (2020). *Modifitsirovannye sorbenty na osnove drevesnykh otkhodov dlya izvlecheniya tyazhelykh metallov iz stochnykh vod* [Modified sorbents based on wooden wastes for the extraction of heavy metal ions from waste waters]. *Trudy Kolskogo nauchnogo tsentra RAN. Tom 11*. (3–4). 223–226. (in Russian).
- Zyryanov M.A., Chistova N.G., Shvetsov V.A., Zaripov Z.Z. (2010). *Pererabotka drevesnykh otkhodov v proizvodstve drevesno-voloknistykh plit* [Wood waste processing for the wood-fiber panels production]. *Vestnik KrasGAU*. (4). (in Russian).
- Zyryanov M.A., Dymchenko V.E., Shvetsov V.Yu., Ilyazova E.A. (2019). *Proizvodstvo drevesnoy muki iz otkhodov lesozagotovitelnykh i derevopererabatyvayushchikh proizvodstv* [Production of wood flour from waste from logging and wood processing industries] *Modern technologies: problems of innovative development*. 138–141. (in Russian).

