

ВАЖНОСТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ СТАТИСТИКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

А. А. Данилов, Н. Н. Яшалова

Череповецкий государственный университет,
Череповец, Россия

Образование промышленных отходов в лесопромышленном секторе экономики является одной из важных экологических проблем, которую предлагается решать с помощью перехода хозяйствующих субъектов к циркулярной экономике. Статистические данные по количеству древесных отходов имеют особую важность для реализации концепции экономики замкнутого цикла в лесопромышленном комплексе. В статье представлена оценка объемов древесных отходов, образующихся в Российской Федерации. Авторами рассмотрена сущность древесных отходов и их классификация, проанализирован теоретический опыт измерения количества древесных отходов, проведены расчеты по образующимся древесным отходам в отечественном лесопромышленном комплексе. Также обозначены приоритетные направления в области переработки древесных отходов. Статья может быть интересна как ученым, так и практикам, изучающим вопросы перехода лесопромышленного комплекса к экономике замкнутого цикла.

Ключевые слова: классификация, анализ, управление древесными отходами, экономика замкнутого цикла, экология.

SIGNIFICANCE AND NECESSITY OF STATISTICS ON WOOD WASTE IN CIRCULAR ECONOMY PROJECT IMPLEMENTATION AT FOREST-INDUSTRY COMPLEX

Alexander A. Danilov, Natalia N. Yashalova

Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

Production waste in forest-industry complex of economy is an important ecologic problem, which could be resolved by business entities changing-over to circular economy. Statistics on the amount of wood waste is essential for realizing the concept of closed-cycle economy in forest-industry complex. The article provides information about volumes of wood waste in the Russian Federation. The authors studied nature of wood waste and its classification, analyzed theoretical experience in estimating the amount of wood waste, provided calculations of wood waste being formed in home forest-industry complex. Priority trends in the field of wood waste recycling are demonstrated. The article can be interesting both for scientists and practical experts studying problems of forest-industry complex changing-over to the closed-cycle economy.

Keywords: classification, analysis, managing wood waste, closed-cycle economy, ecology.

Введение

Организация упорядоченного обращения с производственными отходами считается в последние годы одной из важных природоохранных задач в Российской Федерации. Отходы являют-

ся одним из источников эмиссии парниковых газов, поэтому вопросы, связанные с их сбором, переработкой, повторным использованием, уничтожением, захоронением, являются не менее актуальными, чем

охрана атмосферного воздуха, водных и земельных ресурсов. Согласно данным Росстата, за период с 2005 по 2022 г. в стране произошел трехкратный рост отходов производства и потребления, что требует незамедлительного поиска решений по их переработке.

Производственные отходы распределены по субъектам Российской Федерации неравномерно. Особенно остро эта проблема стоит в тех регионах, где идет добыча полезных ископаемых или размещаются предприятия металлургии, химической, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности. Образующиеся в производственной сфере отходы различаются по классу опасности для окружающей природной среды.

Многие страны мира, включая Российскую Федерацию, в последние годы принимают активные меры по переходу к зеленой экономике и достижению углеродной нейтральности. Лесопромышленный комплекс (ЛПК) занимает важное место в реализации данных направлений, так как ставит в качестве стратегической цели комплексное использование древесных ресурсов. Оно предполагает, что древесное сырье может применяться для изготовления нескольких видов продукции или использоваться в различных отраслях народного хозяйства. Комплексное применение сырья является одним из принципов концепции экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики), поскольку в рамках ее реализации сокращается количество отходов, влияющих на загрязнение окружающей среды, а также повышается экономическая эффективность производственных процессов.

Согласно ФАО (Организации ООН по питанию и сельскому хозяйству), в мире ежегодно производится порядка 130 млн тонн древесных отходов, из которых 53% используются для производства энергии, 11% перерабатываются в древесные материалы, а остальные 36% утилизируются или разлагаются натуральным путем¹.

Официальная статистика и аналитика по древесным отходам имеют огромное значение в контексте реализации концепции циркулярной экономики и проведения исследований по этой теме. Недостаток количественных данных затрудняет процесс их планирования и управления отходами, так как для разработки стратегически важных решений, законодательных актов, стимулирующих мер в этой сфере деятельности требуется точная информация о видах древесных отходов и их количестве.

Цель исследования состоит в оценке объемов древесных отходов, образующихся в лесопромышленном комплексе Российской Федерации.

Обозначенная цель требует решения ряда задач:

- 1) рассмотреть сущность древесных отходов и их классификацию;
- 2) изучить теоретический опыт по вопросам измерения количества древесных отходов, образующихся в ЛПК;
- 3) провести анализ расчетных и фактических данных по образующимся древесным отходам в лесопромышленном комплексе Российской Федерации;
- 4) обозначить приоритетные направления в области переработки древесных отходов.

При решении поставленных задач в статье задействованы общенаучные методы (анализа, синтеза, системного подхода), а также статистические и расчетно-аналитические методы.

Древесные отходы и их классификация

Древесные отходы включают в себя остатки древесины, остающиеся после обработки или использования дерева в различных отраслях народного хозяйства. Подробная классификация всех видов древесных отходов, образующихся в подотраслях лесопромышленного комплекса, а также область их применения представлены в ГОСТ Р 56070-2014 «Отходы древесные. Технические условия». В практиче-

¹ URL: <https://www.fao.org/statistics/ru/>

ской деятельности используются различные способы классификации древесных отходов. Так, к примеру, древесные отходы могут классифицироваться по форме и размеру, способам обработки и использо-

вания, месту возникновения в производственно-сбытовой цепочке и др. Различные классификации древесных отходов систематизированы и представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Классификация древесных отходов*

Классификация	Виды отходов	Примеры отходов
По форме и размеру	Кусковые отходы	Крупные обрезки, стружка, щепа и другие куски дерева
	Порошковые отходы	Мелкие частицы древесной муки, которые получают при обработке древесины
	Пыль	Очень мелкие частицы, которые образуются при распиловке, шлифовке или других операциях с деревом
По способу обработки	Необработанные отходы	Свежие обрезки или стружка, которые не были подвергнуты обработке
	Обработанные отходы	Отходы, которые были подвергнуты термической или химической обработке, например, сжиганию или переработке в древесные материалы
По способу использования	Отходы для производства топлива	Отходы, из которых производятся уголь, пеллеты, топливные брикеты, дрова, биоэтанол и др.
	Отходы для производства энергии	Отходы, которые используются в качестве топлива для производства тепла, пара, электричества
	Отходы для производства композиционных материалов	Отходы, которые используются для производства конструкционных и теплоизоляционных плит
	Отходы для компостирования	Отходы, которые используются для получения органического удобрения путем компостирования
По категории отходов	Первая категория отходов	Хвосты стволов, горбыль, подгорбыльные доски
	Вторая категория отходов	Короткие поперечные, торцовые и продольные обрезки, обрезки сухостоя, заготовок, деталей и элементов из дерева, фанерный край, брак производства предметов из мебели и отходы лесозаготовки
	Третья категория отходов	Древесно-стружечная плита (ДСП), ориентированно-стружечная плита (ОСП), древесноволокнистая плита (ДВП), шпон и фанера (в том числе клееная), остатки заготовок из вторичного или первичного сырья, готовых к эксплуатации
	Четвертая категория отходов	Древесная стружка, пыль, опилки, кора, детали с остатками клея
По месту возникновения в производственно-сбытовой цепочке	Первичные или лесосечные отходы	Отходы, образующиеся в лесохозяйственной деятельности при заготовке леса
	Вторичные или промышленные отходы	Отходы, образующиеся при промышленной переработке древесных ресурсов с целью производства продукции разного целевого назначения
	Третичные отходы или продукция из древесины с утерянными потребительскими свойствами	Отходы, связанные с окончанием срока службы изделий из древесины, например, выброшенная мебель, макулатура, упаковочные материалы, древесный мусор, образующийся при строительстве, ремонте, сносе зданий и др.

* Составлено по: URL: <https://drovnica-spb.ru/blog/vidy-drevesnykh-otkhodov-i-gde-oni-primenimy>; URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218071/

Согласно российской классификации отходов, связанной с классами опасности,

представленной в Федеральном законе от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах про-

изводства и потребления», а также в Приказе Росприроднадзора от 22 мая 2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов», чистые древесные отходы, не прошедшие обработку, относятся к IV и V классам опасности (из пяти возможных) и считаются практически неопасными или малоопасными для людей и окружающей природной среды. Однако если древесина проходит обработку, к примеру, маслом, олифой и другими химическими веществами, то такие отходы переходят уже в III класс опасности (умеренно опасные отходы).

Обзор теоретического опыта по измерению количества древесных отходов

Реализация концепции циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе Российской Федерации требует наличия статистической информации, связанной с каждой стадией образования древесных отходов. Официальная статистическая база данных по отходам производства представлена на сайте Федеральной службы государственной статистики. Отметим, что имеющиеся на этом портале данные не всегда информативны, так как статистика представлена по очень укрупненным группам и позициям, что затрудняет проведение анализа для отдельно взятой сферы народного хозяйства.

Особую сложность вызывают вопросы, связанные со статистикой отходов по отдельным видам экономической деятельно-

сти. Так, к примеру, статистика по образованию отходов в сельском, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве не разграничена, что вызывает сложности при анализе и мониторинге ситуации в каждой из этих сфер деятельности.

Вопросы, связанные с образованием и использованием древесных отходов, вызывают особый интерес у исследователей, специализирующихся на проблемах лесного сектора экономики. Например, в работе А. В. Колесниковой [1] проведена оценка объемов древесных отходов, образующихся в ЛПК России, а также проанализированы возможности их дальнейшего использования. Методические особенности потенциала лесной биомассы, получаемой в процессе заготовки древесины от разных видов рубок и от переработки древесного сырья, представлены в работе А. А. Мартынюк [3]. Ученые под руководством В. П. Корпачева [2] оценивают запас древесных отходов в лесном комплексе России. Исследователи К. Л. Михайлов, В. А. Гуцин и А. М. Тараканов [5] провели анализ хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий европейского севера России и оценили объем образующихся древесных отходов.

Исследователи под руководством А. П. Мохирева [6] представили данные по долям выхода древесных отходов в ЛПК: показатели при разных видах производства продукции из древесины существенно различаются (табл. 2).

Таблица 2

Доля образования отходов в зависимости от вида производственной деятельности в лесопромышленном комплексе* (в %)

Вид производственной деятельности	Конечная продукция	Отходы	Потери (распыл)
Лесозаготовки и лесное хозяйство	63–80	20–37	–
Лесопиление и механическая обработка древесины	45–55	38–48	7
Плитное производство	85–90	5–10	5
Фанерное производство	40–50	42–52	8
Комбинированное производство	65–70	22–27	8
Лесохимическое производство (целлюлозно-бумажное и гидролизное производство, в том числе производство этилового спирта)	62–68	35–38	–

* Составлено по: [6].

В работе ученых под руководством О. В. Марченко [4] из Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (Иркутск, Россия) также представлены нормативы образования отходов при производстве лесопроductии и показан пример расчета древесных отходов. Обратим внимание, что значения нормативов в работах [4; 6] рассчитаны авторами самостоятельно с учетом действующих методик по образованию древесных отходов. Единый норматив для расчета древесных отходов в целом по каждому виду производственной деятельности в лесопромышленном ком-

плексе разработать затруднительно ввиду влияния большого количества факторов на величину данного показателя (порода дерева, плотность древесины, способ заготовки древесины и др.).

Статистические и расчетные данные по объемам древесных отходов

С помощью имеющихся статистических данных и дополнительных расчетов проведем оценку количества образующихся отходов в лесозаготовительной отрасли Российской Федерации (табл. 3).

Таблица 3
Расчетный объем отходов по заготовленной древесине в Российской Федерации*

Год	Объем заготовленной древесины, млн м ³	Норматив образования отходов, % [4]	Расчетный объем отходов, млн м ³
2005	180	22,6–34,4	40,7–61,9
2006	161		36,4–55,4
2007	206		46,6–70,9
2008	162		36,6–55,7
2009	159		35,9–54,7
2010	174		39,3–59,9
2011	197		44,5–67,8
2012	191		43,2–65,7
2013	193		43,6–66,4
2014	203		45,9–69,8
2015	205		46,3–70,5
2016	214		48,4–73,6
2017	212		47,9–72,9
2018	239		54,0–82,2
2019	219		49,5–75,3
2020	217		49,0–74,6
2021	225		50,9–77,4
2022	195		44,1–67,1
Среднее значение	197,3		44,6–67,9

Составлено по данным ЕМИСС: URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/37848>

Из приведенных в табл. 3 данных следует, что ежегодный средний расчетный объем отходов в лесосечной зоне за период с 2005 по 2022 г. варьируется от 44,6 до 67,9 млн м³.

Рассмотрим ситуацию с производственными отходами в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. По этим видам экономической деятельности Росстат предоставляет данные в

открытом доступе. Динамика отходов в этих подотраслях ЛПК представлена на рис. 1 и 2.

Отметим, что в отличие от лесозаготовительной отрасли количество отходов в сфере деревообработки и целлюлозно-бумажной промышленности представлено в тоннах, что может вызвать сложности при принятии управленческих решений,

связанных с организацией мест складирования древесных отходов.

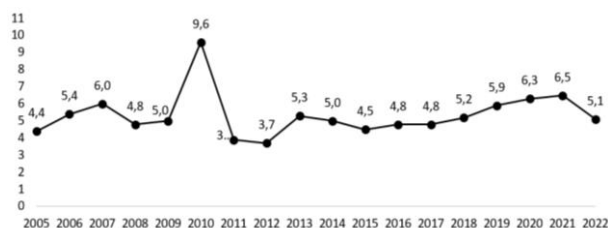


Рис. 1. Динамика образования отходов в сфере обработки древесины и в производстве изделий из дерева в Российской Федерации (в млн т)

Рис. 1–3 составлены по данным Росстата.



Рис. 2. Динамика образования отходов в целлюлозно-бумажной промышленности в Российской Федерации (в млн т)

Отдельного внимания, на наш взгляд, заслуживает исследование ФАО, в котором эксперты рассчитали средние ежегодные объемы не только первичных и вторичных, но и третичных древесных отходов по регионам и субрегионам мира.

Исходя из данных, представленных в табл. 4, мировой объем древесных отходов, образующихся в лесопромышленном комплексе, составляет более 770 млн м³ ежегодно. Если смотреть на ситуацию в целом (на сумму трех видов отходов), то здесь лидируют Восточная Азия и Северная Америка, на долю которых приходится половина суммарных отходов. Такая ситуация связана с высоким уровнем производства и потребления в этих регионах промышленного круглого леса.

Отметим, что территории Российской Федерации географически относятся к Восточной Европе, на долю которой приходится 15% лесосечных отходов и 7,5% промышленных отходов в мире.

Таблица 4

Объем древесных отходов, образующихся в производственно-сбытовых цепочках промышленного круглого леса* (в млн м³)

Регион/субрегион	Первичные отходы	Вторичные отходы	Третичные отходы	Суммарные отходы
Северная Америка	76,75	107,42	276,48	460,65
Центральная Америка и Карибский бассейн	1,67	1,22	10,62	13,51
Южная Америка	33,43	44,70	48,38	126,51
Северная Африка	0,35	0,37	9,78	10,50
Восточная Африка	2,92	0,17	2,23	5,32
Средняя Африка	2,31	0,02	0,84	3,17
Южная Африка	2,49	2,55	6,54	11,58
Западная Африка	3,02	0,56	3,69	7,27
Восточная Азия	28,79	144,28	331,81	504,88
Юго-Восточная Азия	21,80	26,97	43,41	92,18
Центральная Азия	0,02	0,02	4,62	4,66
Южная Азия	8,76	0,01	33,45	42,22
Западная Азия	2,89	1,41	26,29	30,59
Северная Европа	24,48	49,41	85,05	158,94
Восточная Европа	42,97	36,70	69,91	149,58
Южная Европа	5,80	13,30	40,35	59,45
Западная Европа	14,20	42,26	84,88	141,34
Океания	9,84	18,54	15,09	43,47
Итого	282,49	489,91	1 093,42	1 865,82

* Составлено по: [9].

ФАО также указывает на то, что в процессе лесозаготовки и деревообработки круглого леса доля древесных отходов варьируется от 40 до 55% у хвойных пород и от 34 до 55% для нехвойных пород [9]. Побочные продукты, образующиеся при производстве делового (промышленного) круглого леса (щепа, горбыль, опилки, стружка и др.), зачастую рассматривают как отходы с низкой экономической эффективностью, поэтому их выбрасывают, утилизируют или уничтожают на открытом воздухе в зависимости от страны. Такая ситуация не способствует расширению цепочки создания стоимости древесины и не активизирует развитие бизнеса в направлении переработки древесных отходов.

Таким образом, статистические данные о количестве древесных отходов имеют важное значение для разработки вариантов управления ими в рамках реализации концепции циркулярной экономики, а также при планировании мероприятий по снижению выбросов парниковых газов в атмосферу.

Управление производственными отходами

Экологическая политика промышленных предприятий неразрывно связана с рациональным использованием ресурсов на производстве. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии обеспечивают эффективное использование ресурсов с минимальным воздействием на окружающую среду. В настоящее время необходим поиск новых возможностей вторичного использования промышленных отходов.

Промышленные отходы являются неизбежным побочным продуктом в производственных процессах. Необработанные или непереработанные отходы могут выделять токсичные и опасные материалы в окружающую среду. Ненадлежащее управление отходами может повлечь за собой серьезные затраты для предприятий [8].

Важную роль в управлении промышленными отходами играют их утилизация и обезвреживание. Основные особенности этих процессов представлены в табл. 5.

Таблица 5

Особенности обезвреживания и утилизации промышленных отходов*

	Утилизация отходов	Обезвреживание отходов
Сущность	Представляет собой процесс использования отходов в производстве при выполнении работ, оказании услуг, в том числе их повторное применение: • рециклинг – переработка вторичного сырья; • регенерация – повторное использование отходов; • рекуперация – извлечение полезных компонентов и их повторное использование	Уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств в целях уменьшения вредного воздействия на природу и человека. Способы обезвреживания: • сжигание; • пиролиз; • модификация; • нейтрализация; • захоронение
Цель	Повторное использование остатков для изготовления новых материалов, создания новых продуктов	Снижение токсичности и степени негативного влияния на окружающую среду
Задачи	Эколого-экономические	Санитарно-гигиенические

* Составлено по: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/

Состав промышленных отходов в разных отраслях народного хозяйства существенно различается. Некоторые промышленные отходы перед утилизацией или размещением их в специализированных местах требуют обезвреживания. Размещение отходов подразумевает их складирование (размещение на поверхности земли) или захоронение (размещение отходов на

глубине, как правило, в контейнерах). Для размещения используются оборудованные сооружения: полигоны, шламовые амбары, хвостохранилища, шлаковые отвалы.

В настоящее время во многих странах мира происходят быстрые изменения в практике управления промышленными отходами благодаря принятию законодательных и экономических стимулов,

направленных на реализацию устойчивых решений. Для достижения эффективного управления отходами предприятиям важно осуществлять хозяйственную деятельность в соответствии с принципами экономики замкнутого цикла. Недавние исследования [7] выявили ограниченный прогресс, достигнутый в переходе к более круговому использованию материалов, при этом линейные системы продолжают преобладать. Так, подавляющее большинство видов экономической деятельности характеризуется линейными материальными потоками, при этом менее 10% мировой экономики демонстрируют цикличность.

Управление древесными отходами

Отходы подотраслей лесопромышленного комплекса промышленности следует рассматривать как ценный ресурс, который может выступать сырьем для производства других продуктов. Большая часть древесных отходов, образующихся в лесопромышленном комплексе, может подлежать вторичной переработке. На рис. 3 показано, что на протяжении многих лет более 80% образующихся в сфере деревообработки и целлюлозно-бумажной промышленности отходов утилизируются или обезвреживаются. Статистика по аналогичному показателю в лесозаготовке отсутствует.

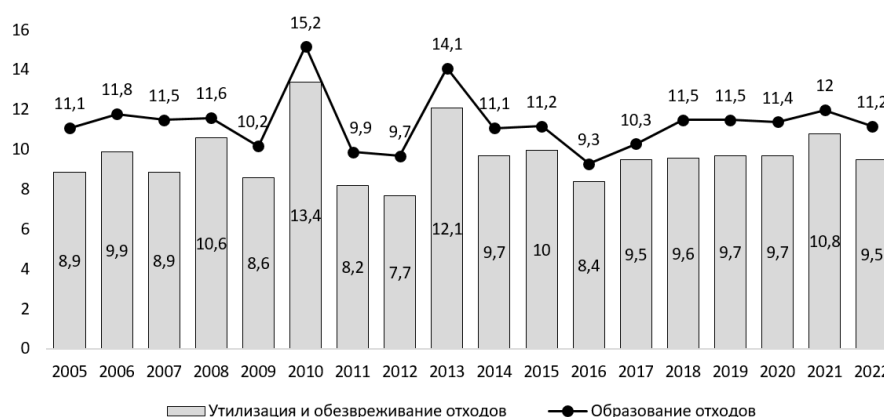


Рис. 3. Динамика образования, утилизации и обезвреживания отходов по обработке древесины, производству изделий из дерева, производству бумаги и бумажных изделий в Российской Федерации (в млн т)

Особую роль здесь должно играть не только захоронение или сжигание отходов, но и их рециркуляция. Например, отрасли промышленности, производящие целлюлозу и бумагу, древесноволокнистые плиты, обычно используют древесную щепу или побочные продукты лесопильного производства. Остатки также могут быть использованы для получения энергии как для удовлетворения внутренних нужд деревообрабатывающих предприятий, так и для внешнего использования. Древесные отходы могут выступать сырьем для производства уплотненных биоэнергетических продуктов (пеллеты, гранулы), газообразного или жидкого топлива [9].

Отечественная наука также решает вопросы, связанные с переработкой древесных отходов в ЛПК. К примеру, ученые из Красноярского научного центра Сибирского отделения РАН разработали композит путем модификации гидролизного древесного лигнина¹.

Заключение

Для реализации концепции циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе России требуются надежные статистические данные о фактическом количе-

¹ URL: <https://monocle.ru/monocle/2024/06/nauka-proizvodstvu-noviy-kompozit-iz-drevesnykh-otkhodov/>

стве древесных отходов. Наибольшее количество отходов в лесопромышленном комплексе, согласно проведенным в настоящем исследовании расчетам и анализу, образуется в лесозаготовительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной отраслях народного хозяйства. Так, ежегодный средний расчетный объем отходов в лесосечной зоне за период с 2005 по 2022 г. варьируется от 44,6 до 67,9 млн м³, в деревообрабатывающем секторе – 5,3 млн т, целлюлозно-бумажной промышленности – 6,3 млн т. Эти цифры свидетельствуют о необходимости принятия инновационных

решений, направленных на сокращение древесных отходов.

Для того чтобы свести к минимуму ущерб для окружающей природной среды, древесные отходы следует перерабатывать и/или производить из них новые продукты. Концепция циркулярной экономики неразрывно связана с этими задачами, поэтому переход к ней особенно важен для российских лесопромышленных компаний, которые в перспективе должны быть ориентированы на рациональное использование ресурсов, минимизацию отходов и бережное отношение к окружающей среде.

Список литературы

1. Колесникова А. В. Анализ образования и использования древесных отходов на предприятиях лесопромышленного комплекса России // Актуальные вопросы экономических наук. – 2013. – № 33. – С. 116–120.
2. Корпачев В. П., Пережилин А. И., Андрияс А. А., Казанцева Т. И. Проблемы формирования и использования древесных отходов в лесном комплексе России // Хвойные бореальной зоны. – 2016. – № 1-2. – С. 52–55.
3. Мартынюк А. А. Методические подходы к оценке потенциала лесной биомассы для коммунальной биоэнергетики // Лесохозяйственная информация. – 2015. – № 2. – С. 5–12.
4. Марченко О. В., Соломин С. В., Козлов А. Н. Возможности использования древесных отходов в энергетике России // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 6. – С. 17–21.
5. Михайлов К. Л., Гуцин В. А., Тараканов А. М. Организация сбора и переработки лесосечных отходов и дров на лесосеке // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2016. – № 6. – С. 98–109.
6. Мохирев А. П., Безруких Ю. А., Медведев С. О. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса как фактор устойчивого природопользования // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2-2. – С. 81.
7. Edirisinghe L. G. L. M., Alwis A. A. P., Prakash S., Wijayasundara M., Arosha Hemali N. A. A Volume-Based Analysis Method to Determine the Economic Value of Mixed Industrial Waste // Cleaner Environmental Systems. – 2023. – Vol. 11. – P. 100142.
8. Khoshsepehr Z., Alinejad S., Alimohammadlou M. Exploring Industrial Waste Management Challenges and Smart Solutions: An Integrated Hesitant Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach // Journal of Cleaner Production. – 2023. – Vol. 420. – P. 138327.
9. Thiffault E., Gianvenuti A., Zuzhang X., Walter S. The Role of Wood Residues in the Transition to Sustainable Bioenergy – Analysis of Good Practices and Recommendations for the Deployment of Wood Residues for Energy. – URL: <https://www.fao.org/3/cc3826en/cc3826en.pdf>

References

1. Kolesnikova A. V. Analiz obrazovaniya i ispolzovaniya drevesnykh otkhodov na predpriyatiyakh lesopromyshlennogo kompleksa Rossii [Analysis of the Formation and Use of Wood Waste at Enterprises of the Russian Timber Industry]. *Current Issues of Economic Sciences*, 2013, No. 33, pp. 116–120. (In Russ.).

2. Korpachev V. P., Perezhilin A. I., Andriyas A. A., Kazantseva T. I. Problemy formirovaniya i ispolzovaniya drevesnykh otkhodov v lesnom komplekse Rossii [Problems of Formation and Use of Wood Waste in the Russian Forestry]. *Conifers of the Boreal Zone*, 2016, No. 1-2, pp. 52–55. (In Russ.).
3. Martynyuk A. A. Metodicheskie podkhody k otsenke potentsiala lesnoy biomassy dlya kommunalnoy bioenergetiki [Methodological Approaches to Assessing the Potential of Forest Biomass for Municipal Bioenergy]. *Forestry Information*, 2015, No. 2, pp. 5-12. (In Russ.).
4. Marchenko O. V., Solomin S. V., Kozlov A. N. Vozmozhnosti ispolzovaniya drevesnykh otkhodov v energetike Rossii [Possibilities of Using Wood Waste in the Russian Energy Sector]. *Ecology and Industry of Russia*, 2019, Vol. 23, No. 6, pp. 17–21.
5. Mikhaylov K. L., Gushchin V. A., Tarakanov A. M. Organizatsiya sbora i pererabotki lesosechnykh otkhodov i drov na leseoseke [Organization of Collection and Processing of Logging Waste and Firewood at the Cutting Site]. *News of Higher Educational Institutions. Forest Magazine*, 2016, No. 6, pp. 98–109. (In Russ.).
6. Mokhirev A. P., Bezrukikh Yu. A., Medvedev S. O. Pererabotka drevesnykh otkhodov predpriyatiy lesopromyshlennogo kompleksa kak faktor ustoychivogo prirodopolzovaniya [Processing of Wood Waste from Timber Industry Enterprises as a Factor in Sustainable Environmental Management]. *Engineering Bulletin of the Don*, 2015, No. 2-2, p. 81. (In Russ.).
7. Edirisinghe L. G. L. M., Alwis A. A. P., Prakash S., Wijayasundara M., Arosha Hemali N. A. A Volume-Based Analysis Method to Determine the Economic Value of Mixed Industrial Waste. *Cleaner Environmental Systems*, 2023, Vol. 11, p. 100142.
8. Khoshsepehr Z., Alinejad S., Alimohammadlou M. Exploring Industrial Waste Management Challenges and Smart Solutions: An Integrated Hesitant Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach. *Journal of Cleaner Production*, 2023, Vol. 420, p. 138327.
9. Thiffault E., Gianvenuti A., Zuzhang X., Walter S. The Role of Wood Residues in the Transition to Sustainable Bioenergy – Analysis of Good Practices and Recommendations for the Deployment of Wood Residues for Energy. Available at: <https://www.fao.org/3/cc3826en/cc3826en.pdf>

Сведения об авторах

Александр Анатольевич Данилов

аспирант кафедры экономики и управления
Череповецкого государственного
университета.

Адрес: ФГБОУ ВО «Череповецкий
государственный университет», 162600,
Череповец, проспект Советский, д. 10.

E-mail: aadanilov@chsu.ru

ORCID: 0009-0001-5655-0162

Наталья Николаевна Яшалова

доктор экономических наук, доцент,
заведующая кафедрой экономики
и управления Череповецкого
государственного университета.

Адрес: ФГБОУ ВО «Череповецкий
государственный университет», 162600,
Череповец, проспект Советский, д. 10.

E-mail: natalij2005@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7279-3140

Information about the authors

Alexander A. Danilov

Post-Graduate Student of the Department
for Economics and Management
of the Cherepovets State University.

Address: Cherepovets State University,
10 Sovetsky Avenue, Cherepovets, 162600,
Russian Federation.

E-mail: aadanilov@chsu.ru

ORCID: 0009-0001-5655-0162

Natalia N. Yashalova

Doctor of Economics, Assistant Professor,
Head of the Department
for Economics and Management
of the Cherepovets State University.

Address: Cherepovets State University,
10 Sovetsky Avenue, Cherepovets, 162600,
Russian Federation.

E-mail: natalij2005@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7279-3140