

УДК 91.332.1:630.0:620.9

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК В РЕГИОНАХ РОССИИ

© 2025 г. Т. И. Андреев<sup>1</sup>, К. С. Дегтярев<sup>1, \*</sup>, С. В. Киселева<sup>1</sup>, Ю. Ю. Рафикова<sup>1</sup>,  
А. Б. Тарасенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

\*e-mail: kir1111@rambler.ru

Поступила в редакцию 09.02.2025 г.

После доработки 28.03.2025 г.

Принята к публикации 03.06.2025 г.

Целью работы является оценка технического потенциала получения тепловой и электрической энергии из отходов лесозаготовок в России с выявлением наиболее перспективных регионов с точки зрения потенциального замещения ископаемого топлива местным древесным сырьем. В работе использованы данные о лесных ресурсах, лесозаготовках, лесопереработке и управлении отходами лесного комплекса, производстве и потреблении энергии, включая государственную и корпоративную статистику и аналитику по России и зарубежным странам, результаты предшествующих исследований в регионах России, странах ЕС, Китае, методические указания по определению величины лесосечных отходов. Проведены расчеты количества образующихся отходов и их энергетического потенциала. Для каждого субъекта РФ проведено сопоставление текущего производства тепловой и электрической энергии с энергетическим потенциалом образующихся в данном регионе лесосечных отходов. Определены регионы-лидеры с максимальными показателями: величины образующихся отходов лесозаготовок; доли замещения отходами лесозаготовки производства тепловой и электрической энергии; доли замещения дефицита производства электроэнергии (для регионов с отрицательным электроэнергетическим балансом). Выявлены регионы, отличающиеся одновременно большими объемами лесозаготовок в сочетании с наибольшим дефицитом производства электроэнергии: Архангельская, Кировская и Вологодская области.

**Ключевые слова:** лесные ресурсы, лесозаготовки, отходы, регионы России, энергетика, тепловая энергия, электроэнергия, возобновляемые источники энергии, энергетические ресурсы, энергетический дефицит

DOI: 10.7868/S2658697525040072

### ВВЕДЕНИЕ. ЛЕСОЗАГОТОВКИ В ВЕДУЩИХ СТРАНАХ МИРА

Россия — одна из ведущих стран мира по объемам лесозаготовок и первая — по величине лесных ресурсов, что определяет высокий энергетический потенциал отходов заготовки и переработки древесины. Предпосылкой регионального развития биоэнергетики на местных ресурсах является также высокая степень зависимости многих российских регионов от внешних поставок энергоносителей, преимущественно ископаемых углеводородов. Цель данной работы — оценка технического потенциала получения тепловой и электрической

энергии из отходов лесозаготовок для России в целом и отдельных регионов для выявления наиболее перспективных из них с точки зрения потенциального замещения ископаемого топлива местным древесным сырьем.

Мировой объем лесозаготовок составляет около 4 млрд м<sup>3</sup> (табл. 1). Более 55% этого объема обеспечено 10 ведущими странами, на которые приходится более 64% всех лесных площадей мира, около половины площади земной суши и более половины населения мира<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <https://openknowledge.fao.org/items/d6f0df61-cb5d-4030-8814-0e466176d9a1> (дата обращения 10.03.2025).

Таблица 1. Ведущие страны мира по объемам лесозаготовок, 2019 г.

№	Страна	Годовой объем заготовок круглого леса, тыс. м <sup>3</sup>	Доля в мировых лесозаготовках, %	Площадь лесов, тыс. га (2010 г.)	Доля в мировой площади лесов, %	Лесозаготовки, м <sup>3</sup> /га лесных площадей
	ЕС — 27 стран [2020 г., по данным (Zbieć et al., 2022)]	490 000	12.4	159 000	4.0	3.08
1	США	459 129	11.6	308 720	7.8	1.49
2	Индия	351 761	8.9	69 496	1.8	5.06
3	Китай	341 672	8.6	200 610	5.1	1.70
4	Бразилия	266 288	6.7	511 581	12.9	0.52
5	<b>Россия</b>	<b>218 400</b>	<b>5.5</b>	<b>815 136</b>	<b>20.6</b>	<b>0.27</b>
6	Канада	145 168	3.7	347 332	8.8	0.42
7	Индонезия	123 757	3.1	99 659	2.5	1.24
8	Эфиопия	116 082	2.9	17 799	0.5	6.52
9	ДР Конго	91 313	2.3	137 169	3.5	0.67
10	Нигерия	76 563	1.9	23 260	0.6	3.29
<b>Всего 10 ведущих стран</b>		<b>2 190 131</b>	<b>55.4</b>	<b>2 530 762</b>	<b>64.1</b>	<b>0.87</b>
11	Германия	76 167	1.9	11 409	0.3	6.68
12	Швеция	75 500	1.9	28 073	0.7	2.69
13	Финляндия	63 964	1.6	22 242	0.6	2.88
14	Чили	63 717	1.6	16 725	0.4	3.81
15	Вьетнам	57 335	1.4	13 388	0.3	4.28
16	Франция	49 869	1.3	16 419	0.4	3.04
17	Гана	49 853	1.3	7 943	0.2	6.28
18	Уганда	49 507	1.3	2 750	0.1	18.00
19	Мексика	46 477	1.2	66 943	1.7	0.69
20	Польша	44 084	1.1	9 329	0.2	4.73
<b>Всего 20 ведущих стран</b>		<b>2 766 606</b>	<b>70.0</b>	<b>2 725 983</b>	<b>69.0</b>	<b>1.01</b>
Остальной мир		1 188 023	30.0	1 224 850	31.0	0.97
<b>Весь мир</b>		<b>3 954 629</b>	<b>100.0</b>	<b>3 950 833</b>	<b>100.0</b>	<b>1.00</b>

Составлено по данным FAO (<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/roundwood-production-fao>; дата обращения 10.03.2025).

Эти страны существенно различаются по среднему объему лесозаготовок в пересчете на 1 га лесной площади, или по интенсивности лесозаготовок, а также по тенденциям изменения лесных площадей. По данным ФАО<sup>2</sup>, в 2000–2020 гг. при общемировой тенденции

к некоторому сокращению площади лесов (на 5 млн га в год при общей площади лесов мира около 4 млрд га), среди стран — ведущих лесозаготовителей наблюдалось увеличение площади леса в США, Индии, Китае, России, Чили, Вьетнаме, Франции, Польше, а также ЕС в целом (Zbieć et al., 2022). Наибольший рост лесных площадей фиксировался в Китае, Индии, Вьетнаме; в последнем — на 24%. Площадь

<sup>2</sup> ФАО. 2020. Глобальная оценка лесных ресурсов 2020 года. Основные выводы. <https://doi.org/10.4060/ca8753ru>.

лесов оставалась стабильной в Канаде, Швеции, Финляндии и Германии и сокращалась в Бразилии, ДР Конго, Индонезии, Мексике, Нигерии, Эфиопии, Гане, Уганде. Наибольшее сокращение площади лесов в 2000–2020 гг. наблюдалось в африканских странах, в частности, в Уганде на 27%.

Среди стран мира Россия находится на 5-м месте по объему лесозаготовок, после США, Индии, Китая и Бразилии. При этом РФ отличается невысокой интенсивностью лесозаготовок — в среднем 0.27 м<sup>3</sup>/га в год при 0.52 м<sup>3</sup>/га в Канаде, 2.69 м<sup>3</sup>/га в Швеции, 2.88 м<sup>3</sup>/га в Финляндии и 1.01 м<sup>3</sup>/га в мире в среднем. На Россию приходится более 20% мировых лесных площадей и 5.5% мирового производства круглого леса. Отметим также, что ЕС в целом занимает первое место в мире по объемам лесозаготовок, опережая США.

На ведущие субъекты РФ приходится более 80% всех заготовок леса в стране, но всего 45% лесных площадей (табл. 2). Сравнение интенсивности вырубki леса в России и странах с сопоставимыми условиями (Канада, Швеция, Финляндия, см. табл. 2) показывает наличие в России большого потенциала увеличения лесозаготовок без ущерба для лесных площадей, что имеет значение в контексте развития энергетики на возобновляемых источниках и декарбонизации экономики.

Также обращает на себя внимание то, что интенсивность лесозаготовок в ведущих лесозаготовительных регионах РФ в среднем почти вдвое выше, чем в целом по России: 0.48 м<sup>3</sup>/га леса против 0.27 м<sup>3</sup>/га (см. табл. 1), при разбросе от 0.13 до 1.65 м<sup>3</sup>/га. Таким образом, с большой вероятностью потенциал роста сосредоточен преимущественно в регионах, не являющихся лидерами лесозаготовок на данный момент, тем более что в ведущих регионах отмечается сокращение площадей ценных древесных пород (Ковалев и др., 2011, 2012; Прогноз ..., 2012).

При лесозаготовках в больших объемах образуются отходы, используемые, в том числе, в энергетических целях. В настоящее время 14% всей потребляемой в мире энергии приходится на биомассу, что равно примерно 24 трлн кВт\*ч, или более 2 млрд т нефтяного эквивалента. Это крупнейший возобновляемый источник энергии (ВИЭ) из используемых человечеством, на который приходится 96% всей тепловой и 9% (685 млрд кВт\*ч) всей электроэнергии, получаемой из ВИЭ. Более 85% биомассы для производства энергии дает лесная промышленность. В свою очередь, 77% лесной биомассы, используемой в энергетических целях, приходится на дрова, 8% — на древес-

ный уголь, 7% — на специально выращенную древесину, 7% — на отходы лесопереработки и 1% — на отходы лесозаготовок (Titus et al., 2021). Хотя доля последних, очевидно, невелика в мировом масштабе, но в странах с развитой лесной промышленностью она существенная. Так, в Швеции энергетический эквивалент используемого твердого древесного топлива оценивается в 60 млрд кВт\*ч в год, или около 10% всего первичного энергопотребления в стране (Börjesson et al., 2017), в Финляндии — более 70 млрд кВт\*ч или 20% (Hakkila, 2006; Titus et al., 2021) соответственно.

По данным Мировой биоэнергетической ассоциации<sup>3</sup>, в 2022 г. в мире было произведено более 46 млн т древесных топливных гранул (пеллет), 1.9 млрд м<sup>3</sup> древесного топлива и почти 55 млн т древесного угля. Доля России на фоне имеющихся в стране лесных ресурсов и объемов лесозаготовок остается небольшой, но обладает потенциалом существенного увеличения.

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОТХОДОВ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

### 1. Проблемы оценки древесных отходов

Оценка энергетического потенциала древесных отходов является сложной задачей с одной стороны, многоцелевого использования древесины и отходов лесоперерабатывающего комплекса (ЛПК), а с другой — различных технологий производства продукции лесопереработки.

Количество отходов, образующихся непосредственно на лесосеке, в высокой степени зависит от видового состава, возраста и качества леса и технологий его заготовки. Кроме того, сбор и дальнейшее использование всего объема отходов невозможны по техническим, экономическим и экологическим соображениям, в связи с чем необходимо выделение их доступной части.

Лесозаготовка и лесопереработка проходит несколько стадий:

- вырубка и вывоз леса;
- раскряжевка;
- лесопиление, изготовление пиломатериалов;
- изготовление готовой продукции.

На последней стадии производится широкий спектр продукции: строительные материалы и дома в сборе, мебель, целлюлозно-бумажная и лесохимическая продукция, древесное топливо,

<sup>3</sup> <https://www.worldbioenergy.org/uploads/231219%20GBS%20Report.pdf> (дата обращения 10.03.2025).

**Таблица 2.** Объемы лесозаготовок по субъектам РФ и странам со сходными природными условиями и видовым составом леса

Регион, страна	Общая площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Лесистость территории, %	Площадь леса, тыс. км <sup>2</sup>	Объем лесозаготовки, тыс. м <sup>3</sup>	Интенсивность лесозаготовок, м <sup>3</sup> на 1 га леса в год
Россия (среднее за 2017–2023 гг.*)					
Иркутская область	775	82.2	637	31 246	0.49
Красноярский край (без Эвенкийского и Таймырского р-нов)	724	72.1	522	23 597	0.45
Вологодская область	145	68.3	99	16 288	1.65
Архангельская область (без НАО)	413	54.0	223	14 227	0.64
Республика Коми	417	72.7	303	9 367	0.31
Кировская область	120	62.7	75	8 962	1.19
Пермский край	160	71.4	114	8 222	0.72
Свердловская область	194	68.4	133	7 325	0.55
Республика Карелия	181	53.3	96	7 171	0.75
Хабаровский край	788	66.7	525	6 721	0.13
Томская область	314	61.1	192	6 280	0.33
Костромская область	60	73.2	44	5 952	1.35
Тверская область	84	54.7	46	5 134	1.11
Ленинградская область	84	57.8	48	4 799	0.99
Приморский край	165	77.9	128	4 063	0.32
Нижегородская область	77	47.7	37	3 887	1.06
Ханты-Мансийский АО	535	53.7	287	3 879	0.14
Республика Башкортостан	143	39.7	57	2 948	0.52
Алтайский край	168	22.9	38	2 632	0.68
Новгородская область	55	64.6	35	2 576	0.73
<b>Всего 20 ведущих регионов России</b>	<b>5 600</b>	<b>65.0</b>	<b>3 641</b>	<b>175 278</b>	<b>0.48</b>
Канада (2015 г.)**					
Атлантические провинции (Нью-Фундленд, Лабрадор, Новая Шотландия и Нью-Брансуик, Остров Принца Эдуарда)	539	39.6	213	14 875	0.70
Квебек	1 542	47.6	734	28 559	0.39
Онтарио	1 076	49.9	538	14 805	0.28
Провинции прерий (Манитоба, Саскачеван и Альберта)	1 961	34.0	667	33 271	0.50
Британская Колумбия	945	61.3	579	67 969	1.17
<b>Всего Канада (кроме Северо-западных территорий, Юкона и Нунавута)</b>	<b>6 063</b>	<b>45.0</b>	<b>2 731</b>	<b>159 517</b>	<b>0.58</b>
Швеция (2019 г.)***	<b>450</b>	<b>62.4</b>	<b>281</b>	<b>75 500</b>	<b>2.69</b>
Финляндия (2019 г.)****	<b>338</b>	<b>65.8</b>	<b>222</b>	<b>63 964</b>	<b>2.88</b>

Составлено по данным: \*[https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (дата обращения 10.03.2025); \*\*<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/2018001/sec-2/c-g/c-g-2.11-eng.htm> (дата обращения 29.01.2025); \*\*\*<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/roundwood-production-fao> (дата обращения 10.03.2025); \*\*\*\*<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/roundwood-production-fao> (дата обращения 10.03.2025).

шпалы, деревянная тара. В ряде случаев, в частности, для производства целлюлозы или ДСП лесопереработка минует стадии пиломатериалов, и в производство поступает непосредственно круглый лес. В составе древесного топлива в России большую и растущую в последние годы долю составляют дрова. Объем заготовок дров в стране в 2023 г. составил 16 млн м<sup>3</sup>, что на 35% выше показателя за 2022 г.<sup>4</sup> и составляет почти 9% от всего объема вырубki леса. Другими видами древесного топлива являются древесные топливные гранулы, древесная щепа и опилки, щелок. Энергетическую продукцию можно получать на разных стадиях лесопереработки, так, дрова являются результатом начального этапа лесопереработки, а щелок, используемый целлюлозно-бумажными комбинатами в качестве топлива для ТЭЦ, — побочным продуктом производства целлюлозы.

Отходы образуются на каждой стадии лесозаготовки и деревообработки. Расчет их объема возможен лишь при наличии детальной информации о структуре использования круглого леса, продукции лесопиления, объемах сырья разного вида для производства древесного топлива.

Дефицит информации об отходах иллюстрируется данными Росстата, согласно которым в 2022 г. объем лесозаготовок составил 195 млн м<sup>3</sup><sup>5</sup>, экспорт круглого леса — незначительную величину в 3 млн м<sup>3</sup> и около 25 млн м<sup>3</sup> вместе с пиломатериалами<sup>6</sup>, то есть экспорт пиломатериалов должен был составить 22 млн т (притом что весь объем их производства оценен в 29 млн м<sup>3</sup>)<sup>7</sup>. Согласно нормативам (Татаринцева, 1988), для производства 1 м<sup>3</sup> пиломатериалов требуется 1.7 м<sup>3</sup> круглого леса (исходного сырья), и суммарно на производство пиломатериалов должно было уйти не более 50 млн м<sup>3</sup> древесины. На экспорт древесины и производство дров в сумме пришлось не более 15 млн м<sup>3</sup>; таким образом, “дальнейшая судьба” остальных примерно 130 млн м<sup>3</sup> круглого леса остается неизвестной. Вероятно, он поступает непосредственно на предприятия целлюлозно-бумажного и домостроительного комплекса, мебельные фабрики и другие объекты, но данные о поставках круглого леса внутренним потребителям отсутствуют как в официальной статистике, так и в открытых документах предприятий ЛПК.

<sup>4</sup> <https://roslesinforg.ru/news/all/roslesinforg-v-etom-godu-rossiyane-zakupili-4-mln-gruzovikov-drov/> (дата обращения 10.03.2025).

<sup>5</sup> [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (дата обращения 10.03.2025).

<sup>6</sup> [https://www.lesprom.com/ru/news/Российский\\_экспорт\\_древесины\\_в\\_2022\\_г\\_упал\\_на\\_79\\_106340/](https://www.lesprom.com/ru/news/Российский_экспорт_древесины_в_2022_г_упал_на_79_106340/).

<sup>7</sup> <https://lpk-sibiri.ru/analytics/rossiyskiy-rynok-pilomaterialov-v-2019-4-mes-2024-gg/> (дата обращения 10.03.2025).

Ситуация усложняется высокой изменчивостью объемов и структуры производства. С 2018 г. в России в целом идет сокращение объемов лесозаготовок<sup>8</sup> при их росте в отдельных регионах, сохранении объемов производства пиломатериалов<sup>9</sup>, существенном росте деревянного домостроения<sup>10</sup> и создании новых производств стройматериалов и древесного топлива. Крупные предприятия ЛПК идут по пути вертикальной интеграции, сосредотачивая в своих руках всю технологическую цепочку или большую ее часть — от лесосеки до выпуска ряда конечных продуктов, при этом информация о внутреннем перераспределении древесных ресурсов и отходов отсутствует в открытом доступе.

Также предприятия создают собственные производства древесного топлива, которое нередко поступает на электростанции, также принадлежащие данным предприятиям и обслуживающим их потребности.

В связи с этим на данном этапе оценка энергетического потенциала ограничивается отходами лесозаготовок поскольку, с одной стороны, по объему лесозаготовок существуют официальные данные для всех российских регионов, с другой — это самая крупная часть всех образующихся древесных отходов. Для решения этой задачи использованы:

- официальные данные Росстата;
- официальные государственные и корпоративные статистические данные и аналитика зарубежных стран, касающиеся образования древесных отходов (что дает возможность сопоставления и косвенной оценки потенциала);
- методические указания по определению величины отходов лесозаготовок;
- данные и методика, приводимые в предшествующих исследованиях.

Задача определения величины отходов и их энергетического потенциала на долгосрочную перспективу усложняется изменчивым и труднопредсказуемым объемом лесозаготовок. Вероятно, одним из факторов их сокращения стали резкие ограничения на экспорт круглого леса с 1 января 2022 г.<sup>11</sup> Далее экспорт лесоматериалов и пиломатериалов осложнился в результате экономических санкций западных стран против России, включающих прямые или косвенные

<sup>8</sup> [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (дата обращения 29.01.2025).

<sup>9</sup> <https://lpk-sibiri.ru/analytics/rossiyskiy-rynok-pilomaterialov-v-2019-4-mes-2024-gg> (дата обращения 10.03.2025).

<sup>10</sup> <https://forestcomplex.ru/wh-building/derevyannoe-domostroenie-v-rossii-perspektivy-na-2024-god> (дата обращения 10.03.2025).

<sup>11</sup> <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/64877.html> (дата обращения 10.03.2025).

запреты на импорт российской продукции. В случае с ЛПК это коснулось, в частности, производства пиломатериалов<sup>12</sup> и древесных пеллет<sup>13</sup>. Увеличение или, как минимум, стабилизация объемов лесозаготовок в настоящее время зависит от роста внутреннего спроса, с одной стороны, и переориентации на другие, прежде всего азиатские рынки сбыта, с другой.

Наиболее полная и дифференцированная по регионам информация, позволяющая провести необходимые расчеты объемов образующихся отходов лесозаготовок, в настоящее время содержится в методических указаниях по определению объемов вторичных древесных ресурсов (Татаринцева, 1988). В них в качестве отходов лесозаготовок (лесосечных отходов) названы вершинки деревьев, сучья и ветви. Приведены объемы образования отходов (N) для каждого субъекта РФ (на момент составления нормативов — области, края или автономные республики РСФСР) в процентах от объема вывоза леса, что позволяет определить объемы отходов по формуле:

$$V = Q \cdot N / 100, \quad (1)$$

где V — объем лесосечных отходов, м<sup>3</sup>; Q — объем вывозки древесины, м<sup>3</sup>; N — норматив, специфический для каждого региона, %.

В зависимости от региона величина данного норматива варьирует от 11.1 до 17.8%.

На региональном уровне известны исследования отходов лесозаготовок для Хабаровского края (Майорова, 2006), Байкальской природной территории (Макаренко, 2020), Красноярского края (Дитрих и др., 2010; Корпачев и др., 2010), Вологодской области (Аншелес, Яшалова, 2013), Архангельской области (Мюллер и др., 2010).

В работе (Макаренко, 2020), посвященной Байкальской природной территории, включающей часть Иркутской области и Республики Бурятия, представлен широкий спектр отходов, включая сучья, пни и корни, а также влажную листву и хвою (табл. 3). В частности, объем сучьев оценен в величину 16% для хвойных и 14% для мелколиственных пород относительно объема заготовленного ствола.

В исследованиях по Красноярскому краю (Корпачев и др., 2010) объем отходов оценивается в величину, равную 20% от объемов лесозаготовок, куда не включается крона деревьев. Все возможные виды древесных отходов, включая

<sup>12</sup> [https://mediawood.ru/vstupili\\_v\\_sily\\_sankcii\\_eu\\_lpk](https://mediawood.ru/vstupili_v_sily_sankcii_eu_lpk) (дата обращения 10.03.2025).

<sup>13</sup> <https://www.infobio.ru/news/5260.html> (дата обращения 10.03.2025).

пни, корни, ветви, древесную зелень (хвою, листву), низкокачественную, гнилую и горелую древесину, оценивались (Дитрих и др., 2010) в диапазоне от 20 до 37% в общем объеме древесины (соответственно, на конечную продукцию приходится 63–80%); таким образом, объем отходов составляет 25–59% от объема лесозаготовок.

По другим данным, нормативы использования лесосечного фонда варьируются в пределах 75–93%; таким образом, отходы лесозаготовок составляют от 7 до 25% (Майорова, 2006).

По Вологодской области годовое количество отходов лесопереработки оценивалось в величину около 800 тыс. т в год (Аншелес, Яшалова, 2013), что соответствует примерно 10% объема лесозаготовок.

В исследовании по Архангельской области (Мюллер и др., 2010) приводятся данные о лесосечных отходах, включая вершины и ветки вместе с листвой или хвоей, дифференцированные по видам деревьев, согласно которым ель дает обычно 0.43 м<sup>3</sup> отходов на 1 м<sup>3</sup> заготовленного круглого лесоматериала, сосна — 0.26, береза — 0.17 м<sup>3</sup>. Таким образом, объем отходов может составить 17–43% объема лесозаготовок. Общий реальный потенциал отходов лесозаготовок в области, составляющий 60% от полного потенциала, оценивается в величину чуть менее 4 млн м<sup>3</sup> в год или 28% от объема заготовленной древесины.

Для сравнения, в странах ЕС ежегодный объем образующихся древесных отходов оценивается в 50 млн т<sup>14</sup> (при общем объеме лесозаготовок около 500 млн м<sup>3</sup>)<sup>15</sup>. Это означает, что объем отходов может быть оценен в величину чуть менее 20% от объема лесозаготовок, что близко к российским данным.

В среднем для бореальных лесов общий объем всех отходов оценивается в 69% от объема заготовленной древесины при сплошной вырубке (Daioglou et al., 2016).

В исследованиях по Скандинавии (Asikainen et al., 2012) приведены данные о годовом потреблении древесной щепы в Финляндии — 6.9 млн м<sup>3</sup> и Швеции — 8.4 млн м<sup>3</sup>, что составляет в обоих случаях примерно 11% общего объема лесозаготовок, но эта величина заведомо меньше образу-

<sup>14</sup> <https://cordis.europa.eu/project/id/727958/reporting#:~:text=Wood%20waste%20represents%20an%20amount%20of%20around%2050,of%20this%20resource%20is%20not%20or%20badly%20recovered> (дата обращения 10.03.2025).

<sup>15</sup> <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?oldid=300366#:~:text=After%20the%20temporary%20decrease%20in%202020%20C%20roundwood%20production,more%20than%20at%20the%20beginning%20of%20the%20millennium> (дата обращения 10.03.2025).

Таблица 3. Расчет массы отходов лесозаготовки, кг/м<sup>3</sup>

Порода	Масса влажной хвои (листья), кг на 1 м <sup>3</sup> ствола в коре	Объем сучьев, м <sup>3</sup> на 1 м <sup>3</sup> ствола в коре	Средняя плотность древесины, т/м <sup>3</sup>	Масса сучьев, кг на 1 м <sup>3</sup> ствола в коре	Масса пней, корней, кг на 1 м <sup>3</sup> ствола в коре	Всего отходы, кг/м <sup>3</sup> ствола в коре	Доля влажной листвы или хвои в общей структуре отходов, %	Доля ветвей и сучьев в общей структуре отходов, %	Доля пней и корней в общей структуре отходов, %
Сосна	56.79	0.12	0.51	61.1	116.2	234	24	26	50
Ель	134.20	0.18	0.45	78.3	102.4	318	42	26	32
Лиственница	29.40	0.16	0.67	103.7	153.0	290	10	37	53
Пихта	47.87	0.16	0.37	59.3	86.3	193	25	31	45
Кедр	124.00	0.17	0.44	74.0	100.1	299	41	25	33
Хвойные (среднее)	<b>78.45</b>	<b>0.16</b>	<b>0.49</b>	<b>75.8</b>	<b>111.6</b>	<b>267</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>42</b>
Береза	68.82	0.14	0.65	90.9	147.2	307	22	30	48
Осина	37.33	0.13	0.50	65.8	113.9	216	17	30	53
Мелколиственные (среднее)	53.08	<b>0.14</b>	<b>0.57</b>	<b>78.0</b>	<b>130.5</b>	<b>262</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>50</b>

Составлено по: (Макаренко, 2020).

ющегося количества отходов, поскольку далеко не все они используются.

Китайские исследователи оценивают доступное для сбора количество отходов лесозаготовки в Китае в величину порядка 72 млн т (Tongcheng et al., 2020), что соответствует примерно 40% от текущего объема лесозаготовок в стране.

Методики определения объема отходов в зарубежных источниках не встречены, хотя большое количество литературы посвящено структуре использования древесины и управлению древесными отходами, в частности (Börjesson et al., 2017; Braghiroli, Passarini, 2020; Oliveira et al., 2024; Sarmin et al., 2023; Titus et al., 2021; Zbieć et al., 2022).

## 2. Методика оценки объемов лесозаготовок

Как видим, оценки количества отходов лесозаготовок лежат в очень широком диапазоне — от 7 до 69% от объема вырубki. Максимальные значения получены при учете всего образующегося побочного материала.

Представляется, что влажная листва и хвоя — ресурс, который, скорее всего, не может быть использован. Пни и корни также можно отнести к сравнительно трудно утилизируемым ресурсам, хотя их общая масса примерно в 1.5 раза больше массы сучьев и веток (см. табл. 3). Кроме того, лесосечные отходы выполняют и экологические функции (Daioglou et al., 2016); их полное извлечение неблагоприятно для биоценоза.

Таким образом, в качестве отходов, доступных для энергетического использования, далее в работе рассматриваются только ветки, сучья и верхинки деревьев. Их количество оценивается в разных исследованиях в величину до 25–30% от объема лесозаготовок, в среднем от 10 до 20%.

Исходя из этих критериев, для оценки количества отходов использованы региональные нормативы советского периода (Татаринцева, 1988), укладывающиеся в данный диапазон и учитывающие специфику российских регионов.

Базой для расчетов являются среднегодовые объемы лесозаготовок по регионам России с 2017 по 2023 г.

Для расчета энергетической ценности отходов принята плотность отходов, равная средней между хвойными и лиственными породами (см. табл. 3) — 0.53 т/м<sup>3</sup>, а энергетическая ценность отходов — 3000 кВт\*ч/т или 2580 тыс. ккал/т с учетом усредненных характеристик, приводимых в отечественных и зарубежных исследованиях (Иванова, Русскова, 2023; de Jong et al., 2017; Hakkila, 2006). Далее, в соответствии с принятыми допущениями, энергетический потенциал отходов лесозаготовок был определен и сопоставлен с объемами производства и потребления тепловой<sup>16</sup> и электрической

<sup>16</sup> [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Kom\\_tep\\_2023.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Kom_tep_2023.xls) (дата обращения 10.03.2025).

энергии<sup>17</sup> в данном регионе. В качестве энергетического потенциала принималось количество электрической и тепловой энергии, которое может быть выработано из заданного объема древесины при современном уровне технологий (котельная на дровах или пеллетах и миниТЭЦ на древесном топливе). Были использованы данные по производству тепловой и электрической энергии по субъектам РФ за 2023 г. Рассмотрены два варианта:

1. все отходы используются для производства тепловой энергии;
2. все отходы используются для производства электроэнергии.

Для расчета потенциального количества вырабатываемой тепловой энергии на основе обзора современных энергетических установок КПД котельного оборудования был принят равным 80%; для расчета потенциальной выработки электроэнергии КПД МиниТЭЦ — 30%.

Расчеты были проведены по всем субъектам РФ, за исключением новых территорий, статистические данные по которым отсутствуют.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Благоприятные предпосылки использования местных древесных отходов и вообще местных энергоресурсов существуют в большинстве регионов России по двум причинам:

1. В большинстве регионов тепловая и электрическая энергия вырабатывается за счет привозного и местного ископаемого углеводородного сырья. Основными источниками энергоносителей в стране в настоящее время являются всего три региона (все три — в Западной Сибири): 1) Ямало-Ненецкий автономный округ, где добывается 80% всего природного газа в стране (в свою очередь, на газ приходится более 50% всего производства и потребления энергоресурсов в России); 2) Ханты-Мансийский автономный округ, где добывается более 40% российской нефти; 3) Кемеровская область, где добывается около 60% всего угля в России. Остальные субъекты РФ в большей или меньшей степени удовлетворяют свои потребности в энергетическом сырье за счет поставок из данных регионов.

2. Всего 27 субъектов РФ являются достаточными или профицитными по производству электроэнергии (что не означает их самодостаточности в обеспечении топливом для электростанций) — как правило, это регионы, где расположены АЭС (11 АЭС, все, кроме

Белоярской АЭС, — в европейской части страны), крупнейшие ГЭС и ТЭС (в двух последних случаях — регионы Сибири). Остальные субъекты РФ потребляют электроэнергии больше или существенно больше, чем производят, и их потребности удовлетворяются за счет перетоков извне.

Отметим, что в октябре 2024 г. Председатель Правительства России М.В. Мишустин поставил задачу опережающего роста предложения энергии в регионах по сравнению с увеличением спроса на нее<sup>18</sup>.

Наиболее перспективными для развития энергетики на основе отходов лесозаготовки, представляются следующие регионы:

- с максимальной абсолютной величиной образующихся древесных отходов;
- с максимальной долей, которую они могут занять в производстве тепловой энергии;
- то же — электрической энергии;
- с максимальной величиной дефицита производства электроэнергии, или превышения потребления электроэнергии над производством (это не применимо к тепловой энергии, поскольку все ее потребление покрывается за счет производства в регионе, перетоки между регионами, как правило, отсутствуют или незначительны), что служит дополнительным стимулом для использования местного сырья при производстве электроэнергии.

Из них наибольший интерес представляют субъекты РФ, попадающие одновременно в две или более обозначенных выше групп (табл. 4).

Данные по субъектам РФ, попавшим в две и более групп одновременно, представлены в табл. 5. За исключением Иркутской области, это регионы севера и северо-запада европейской части России, находящиеся в числе лидеров по объемам лесозаготовок и, в то же время, отличающиеся небольшими, по сравнению с сибирскими и дальневосточными регионами, объемами производства тепловой энергии и дефицитом производства электроэнергии.

Среди них следует выделить максимально перспективные регионы — Архангельскую, Кировскую и Вологодскую области, попавшие одновременно во все группы.

Статистика фактического использования отходов лесозаготовок в энергетических целях в России в настоящее время отсутствует. По косвенным данным можно сделать вывод, что она остается существенно ниже потенциала. В частности, в отчетах РАО ЕЭС о состо-

<sup>17</sup> [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_industrial](https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial) (дата обращения 10.03.2025).

<sup>18</sup> <https://rg.ru/2024/10/30/mishustin-zaiavil-chto-predlozhenie-elektrogeneracii-v-rf-dolzno-operezhat-spros.html> (дата обращения 10.03.2025).

**Таблица 4.** Ведущие субъекты РФ по показателям количества отходов лесозаготовки и потенциала их использования в энергетических целях

№	Показатель	Ведущие субъекты РФ	Россия, суммарный или средний показатель
1	Величина образующихся отходов лесозаготовки, тыс. т/год	Иркутская область (2020), Красноярский край (1663), Вологодская область (1338), Архангельская область (1252), Республика Коми (854), Кировская область (684), Пермский край (675), Хабаровский край (552), Республика Карелия (551), Свердловская область (516)	16 407
2	Доля, которую могут занять отходы лесозаготовок в производстве тепловой энергии при ее текущем производстве в регионе, %	Вологодская область (32.3), Костромская область (24.9), Республика Карелия (21.7), Республика Коми (20.8), Томская область (18.9), Иркутская область (18.4), Кировская область (16.8), Республика Алтай (14.9), Архангельская область (14.4), Новгородская область (12.8)	4.1
3	Доля, которую могут занять отходы лесозаготовок в производстве электроэнергии при ее текущем производстве в регионе, %	Брянская область (68.6), Псковская область (64.2), Республика Алтай (17.5), Архангельская область (17.1), Калужская область (16.9), Кировская область (13.8), Республика Тыва (12.1), Вологодская область (12), Республика Карелия (9.7), Новгородская область (8.9)	1.3
4	Доля, которую могут составить отходы лесозаготовок в покрытии дефицита электроэнергии (%)	Республика Башкортостан (106.5), Архангельская область (89.4), Республика Бурятия (48.1), Вологодская область (24.4), Кировская область (19.4), Калининградская область (19.2), Республика Карелия (14.6), Забайкальский край (11.4), Приморский край (10.4), Томская область (7.8)	—
Регионы, попадающие в 2 или более групп из 1–4		Иркутская область, Вологодская область, Архангельская область, Республика Коми, Кировская область, Республика Карелия, Новгородская область	
Регионы, попадающие во все группы из 1–4		Архангельская область, Кировская область, Вологодская область	

янии энергетической системы полностью отсутствовало биотопливо в качестве источника производства электроэнергии. По некоторым данным, в частности, оценок потребности в древесном топливе котельных Архангельской области, можно сделать вывод, что в данном регионе совокупная доля древесного топлива в производстве тепловой энергии не превышает 10%, что в 1.5 раза ниже минимальных оценок его потенциала (Березкин и др., 2024). При этом основная его часть — дрова, а не отходы лесозаготовок и не продукты их переработки.

Отметим, что приведенные выше оценки являются минимальными. Потенциал может быть оценен в величину на десятки процентов большую при более полном использовании отходов. Кроме того, существует резерв увеличения лесозаготовок (см. выше).

Отметим также, что в странах ЕС при ежегодно образующихся 50 млн т лесосечных отходов в структуре производства электроэнергии,

по данным Eurostat<sup>19</sup>, твердое биотопливо в 2019 г. составило 2.7% (в 2004 — 1.3%, в 2014 — 2.5%) — 6.9 из 248 млн т нефтяного эквивалента или 80 из 2900 млрд кВт\*ч.

Это также близко к нашим оценкам потенциала производства электроэнергии из древесных отходов, но несколько выше, с поправкой на то, что понятие твердой биомассы может включать не только древесное топливо, но и некоторые виды сельскохозяйственных отходов.

Представляется, что для регионов, отличающихся максимальными объемами отходов и при этом не испытывающих энергетического дефицита, наиболее целесообразно производство легко транспортируемого древесного топлива из отходов (древесные топливные

<sup>19</sup> <https://www.aap.com.au/factcheck/does-europes-renewable-energy-mostly-come-from-burning-wood/#:~:text=Detailed%20figures%20from%20Eurostat%20show%20renewable%20energy%20accounted,9.6%20per%20cent%20of%20the%20renewable%20electricity%20total> (дата обращения 10.03.2025).

**Таблица 5.** Субъекты РФ, выделенные в качестве наиболее перспективных для производства энергии на основе отходов лесозаготовок

Субъект РФ	Производство тепловой энергии, тыс. гКал (2023 г.)	Производство электроэнергии, млн кВт*ч (2023 г.)	Потребление электроэнергии, млн кВт*ч (2023 г.)	Потенциал производства тепловой энергии на основе отходов, тыс. гКал	Потенциал производства электроэнергии на основе отходов, млн кВт*ч	Потенциальная доля отходов в производстве тепловой энергии, %	Потенциальная доля отходов в производстве электроэнергии, %	Потенциальная доля отходов в покрытии дефицита производства электроэнергии, %
Иркутская область	22622	71076	66814	4170	1818	18.4	2.6	–
Вологодская область	8561	10030	14960	2762	1204	32.3	12.0	24.4
Архангельская область	17925	6594	7853	2584	1127	14.4	17.1	89.4
Республика Коми	8457	10200	8754	1763	769	20.8	7.5	–
Кировская область	8404	4456	7625	1412	616	16.8	13.8	19.4
Республика Карелия	5230	5114	8512	1137	496	21.7	9.7	14.6
Новгородская область	3067	1922	4892	392	171	12.8	8.9	5.8
Россия	823180	1181000	1172288	33865	14767	4.1	1.3	–

гранулы и брикеты), в том числе для поставок в другие субъекты РФ. Для регионов, не испытывающих дефицита производства электроэнергии, предпочтительно использование древесных отходов для производства тепловой энергии. К ним можно отнести Иркутскую область и Республику Коми (см. табл. 5). Для регионов, зависящих от поставок электроэнергии извне, целесообразно рассмотреть возможности использования отходов лесозаготовок для производства электроэнергии и когенерации (ТЭЦ). К этим регионам (см. табл. 5) можно отнести Вологодскую, Архангельскую, Кировскую, Новгородскую области и Республику Карелию.

## ВЫВОДЫ

1. Россия по сравнению с другими странами отличается невысокой интенсивностью лесозаготовок, обладает резервами для их увеличения и, как следствие, наращивания производства и потребления древесного топлива.

2. При текущем объеме лесозаготовок за счет их отходов в России, по минимальным оценкам, может быть обеспечено производство 4.1% всей тепловой энергии или 1.3% электроэнергии при нынешних уровнях их производства. За счет более полного использования отходов, а также увеличения объемов лесозаготовок эти оцен-

ки могут быть пересмотрены в существенно большую сторону.

3. Объем и интенсивность лесозаготовок и, как следствие, образования отходов резко различается по регионам. На 20 ведущих регионов России, где расположено примерно 45% лесных площадей страны, приходится около 80% всех лесозаготовок и, соответственно, образования отходов. В некоторых регионах за счет них может быть произведено более 20% тепловой (Вологодская и Костромская области, республики Карелия и Коми), либо более 10% всей электрической энергии, производимой в регионе (Брянская, Псковская, Архангельская, Калужская, Кировская, Вологодская области, республики Алтай и Тыва).

4. Отдельный интерес представляют субъекты РФ с дефицитом производства электроэнергии (потребление превышает производство) и одновременно большим объемом лесозаготовок, где их отходы могут внести наибольший вклад в производство электроэнергии и сокращение дефицита. Это, главным образом, регионы севера и северо-запада европейской части страны, в частности, Вологодская, Архангельская, Кировская, Новгородская области и Республика Карелия. Данные регионы можно рассматривать в качестве объектов приоритетного внимания к развитию энергетики на основе отходов лесозаготовки и лесопереработки.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках НИР ГЗ научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова № 121051400082-4 “Географические основы устойчивого развития энергетических систем с использованием возобновляемых источников энергии” и проекта ВИП ГЗ “Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ”.

## FUNDING

The study was carried out within the framework of the research work on a government assignment for MSU, Renewable Energy Sources Research Laboratory, Faculty of Geography no. 121051400082-4 “Geographical Foundations of sustainable development of Energy Systems Using Renewable Energy Sources” and the IIP of NI project “Unified National Monitoring System for Climatically Active Substances.”

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аншелес В.Р., Яшалова Н.Н.* Некоторые вопросы переработки древесных отходов как источника вторичных энергоресурсов на северо-западе РФ // Вестн. Череповец. гос. ун-та. 2013. № 4 (53). С. 5–8.
- Березкин М.Ю., Дегтярев К.С., Синюгин О.А.* Оценка потенциала местных возобновляемых энергетических ресурсов Архангельской области // Арктика и Антарктика. 2024. № 4. С. 24–40.
- Дитрих В.И., Андрияс А.А., Пережилин А.И., Корпачев В.П.* Оценка объемов и возможные пути использования отходов лесозаготовок на примере Красноярского края // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. 27. № 3–4. С. 346–351.
- Иванова И.В., Русскова И.Г.* Исследование теплотехнических характеристик топлива из древесных отходов и их экологической безопасности // Науч.-аналит. журн. “Вестн. С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России”. 2023. № 3. С. 1–10. <https://doi.org/10.61260/2218-13X-2023-3-1-10>
- Ковалев А.П., Матвеева А.Г., Ковалев С.А.* Динамика и состояние лесных ресурсов Дальнего Востока // Вестн. Тихоокеанского гос. ун-та. 2012. № 4 (27). С. 161–168.
- Ковалев А.П., Рябухин П.Б., Ковалев В.А., Алексеенко А.Ю.* О необходимости перехода на устойчивое и неистощительное использование лесов Дальнего Востока // Вестн. Тихоокеанского гос. ун-та. 2011. № 2 (21). С. 61–70.
- Корпачев В.П., Андрияс А.А., Пережилин А.И.* Оценка объема отходов лесозаготовок в Красноярском крае // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 7. С. 7–10.
- Майорова Л.П.* К вопросу оценки объемов вторичных древесных ресурсов // Вестн. Тихоокеанского гос. ун-та. 2006. № 1 (2). С. 65–80.
- Макаренко Е.Л.* Оценка образования отходов лесозаготовки и деревообработки в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 63–69.
- Мюллер О.Д., Малыгин В.И., Харитоненко В.Т., Кремлева Л.В.* Анализ энергетического потенциала древесных отходов в лесопромышленном комплексе Архангельской области // Изв. ВУЗов. Лесной журн. 2010. № 3. С. 94–101.
- Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций. Рим, 2012.
- Татаринцева А.П.* Методические указания по определению объемов вторичных древесных ресурсов / Утверждено Минлесбумпромом СССР. Гослесхозом СССР. М., 1988.
- Asikainen A., Routa J., Brörheden R., Laitila J., Röser D., Ikonen T., Pirnz R.* Forest Energy in Finland and Sweden — technology and market development supporting economic viability of feedstock supply // November 2012. Conference: IEA Bioenergy Conference, 2012.
- Börjesson P., Hansson J., Berndes G.* Future demand for forest-based biomass for energy purposes in Sweden // Forest Ecology and Management. 2016. Vol. 383. P. 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.018>
- Braghiroli F.L., Passarini L.* Valorization of Biomass Residues from Forest Operations and Wood Manufacturing Presents a Wide Range of Sustainable and Innovative Possibilities // Curr. Forestry Rep. 2020. № 6. P. 172–183.
- Daioglou V., Stehfest E., Wicke B., Faaij A., van Vuuren D.P.* Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry // GCB Bioenergy. 2016. Vol. 8. № 2. P. 456–470. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12285>
- Daioglou V., Stehfest E., Wicke B., Faaij A., van Vuuren D.P.* Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry // GCB Bioenergy. 2016. Vol. 8. № 2. P. 456–470. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12285>
- De Jong J., Akselsson C., Egnell G., Löfgren S., Olsson B.A.* Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden — How much is environmentally sustainable? // Forest Ecology and Management. 2017. Vol. 383. P. 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.028>

- Fu T., Ke J.H., Zhou Sh., Xie G.H.* Estimation of the quantity and availability of forestry residue for bioenergy production in China // *Resources, Conservation and Recycling*. 2020. Vol. 162. P. 49–93.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104993>
- Hakkila P.* Factors driving the development of forest energy in Finland // *Biomass and Bioenergy*. 2006. Vol. 30. № 4. P. 281–288.  
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.07.003>
- Oliveira P.R.S., Santos Júnior A.J., Pereira A.K.S., Dias Júnior A.F., Mourão C.P., Cupertino G.F.M., Brito J.O., Numazawa S., Saloni D.* From waste to watts: Investigating teak biomass waste for bioenergy // *BioResources*. 2023. Vol. 19. № 2. P. 2883–2900.
- Sarmin S.N., Jawaid M., Elias R.* Life Cycle Assessment of Wood Waste / *Wood Waste Management and Products // Sustainable Materials and Technology*. Singapore: Springer, 2023. P. 15–22.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-99-1905-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1905-5_2)
- Titus B.D., Brown K., Helmisaari H.S. et al.* Sustainable forest biomass: a review of current residue harvesting guidelines // *Energ. Sustain. Soc.* 2021. Vol. 11. № 10. P. 1–32.  
<https://doi.org/10.1186/s13705-021-00281-w>
- Zbieć M., Franc-Dąbrowska J., Drejerska N.* Wood Waste Management in Europe through the Lens of the Circular Bioeconomy // *Energies*. 2022. Vol. 15. № 12. P. 43–52.  
<https://doi.org/10.3390/en15124352>

## Assessment of the Harvesting Wood Waste Energy Potential in the Russian Regions

**T. I. Andreenko<sup>a</sup>, K. S. Degtyarev<sup>a,\*</sup>, S. V. Kiseleva<sup>a</sup>,  
Yu. Yu. Rafikova<sup>a</sup>, and A. B. Tarasenko<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>b</sup>*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

\*e-mail: kir1111@rambler.ru

The aim of the work is to assess the technical potential for heat and electricity production from wood harvest residue for Russia, identifying the most promising regions in terms of potential substitution of imported fuels with local wood resources. The study uses data on forest resources, logging, timber processing and waste management of the forest industry, energy production and consumption, including government and corporate statistics and analytics for Russia and other countries, the results of previous research in the regions of Russia, the EU, China, North America, guidelines for determining the amount of logging waste. Basing on the analysis and comparison of the collected information, the authors made their own assessments of the waste amount generated and of their energy potential. The article includes an assessment of the volume of wood harvest in the regions of Russia, the wood waste generated and its energy value. Further, there was carried out a comparison of the current production of heat and electricity with the energy potential of wood waste for each subject of the Russian Federation. The regions with the following highest indicators were identified (among the top 10 in Russia according to this indicator): (a) the absolute value of the logging waste generated; (b) the share that logging waste can make up when used to generate thermal energy; (c) the share that they can make up when used to generate electricity; (d) the share that they can make up to compensate for the shortage of electricity production (if there is a shortage in the region). 23 subjects of the Russian Federation included in at least one of these four groups have been identified. These are: the republics of Komi, Karelia, Altai, Tyva, Bashkortostan, and Buryatia; Krasnoyarsk, Perm, Khabarovsk, Zabaykalsky, and Primorsky krajs; Irkutsk, Vologda, Arkhangelsk, Kirov, Sverdlovsk, Kostroma, Tomsk, Novgorod, Bryansk, Pskov, Kaluga, and Kaliningrad oblasts. The federal subjects included in at least 2 of the 3 groups are identified as the most promising. These are 7: the republics of Karelia and Komi; Irkutsk, Vologda, Arkhangelsk, Kirov, Novgorod oblasts. Of these, three units have been identified as the most promising, falling simultaneously into all groups: Arkhangelsk, Kirov, and Vologda oblasts, characterized at the same time by large volumes of logging combined with the greatest shortage of electricity production.

**Keywords:** forest resources, wood harvest, regions of Russia, energy, heat, electricity, renewable energy sources, waste, energy resources, energy deficit

## REFERENCES

- Ansheles V.R., Yashalova N.N. Some issues of wood waste processing as a source of secondary energy resources in the North-West of the Russian Federation. *Vestn. Cherepovets. Gos. Univ.*, 2013, no. 4, pp. 5–8. (In Russ.).
- Asikainen A., Routa J., Brörheden R., Laitila J., Röser D., Ikonen T., Pirnz R. Forest Energy in Finland and Sweden — technology and market development supporting economic viability of feedstock supply. In *IEA Bioenergy Conference*, 2012. Available at: [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/02/V4-Asikainen\\_ForestEnergy.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/02/V4-Asikainen_ForestEnergy.pdf) (accessed: 24.06.2025).
- Berezkin M.Yu., Degtyarev K.S., Sinyugin O.A. Potential assessments for renewable energy on local resources in Arkhangelsk Oblast. *Arktika Antarktika*, 2024, no. 4, pp. 24–40. (In Russ.).
- Börjesson P., Hansson J., Berndes G. Future demand for forest-based biomass for energy purposes in Sweden. *For. Ecol. Manag.*, 2016, vol. 383, pp. 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.018>
- Braghiroli F.L., Passarini L. Valorization of biomass residues from forest operations and wood manufacturing presents a wide range of sustainable and innovative possibilities. *Curr. For. Rep.*, 2020, no. 6, pp. 172–183.
- Daioglou V., Stehfest E., Wicke B., Faaij A., van Vuuren D.P. Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry. *GCB Bioenergy*, 2016, vol. 8, no. 2, pp. 456–470. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12285>
- De Jong J., Akselsson C., Egnell G., Löfgren S., Olsson B.A. Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden — How much is environmentally sustainable? *For. Ecol. Manag.*, 2017, vol. 383, pp. 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.028>
- Ditrikh V.I., Andrias A.A., Perestilin A.I., Korpachev V.P. Estimation of volumes and possible ways of using logging waste on the example of the Krasnoyarsk Territory. *Khvoyn. Boreal'. Zony*, 2010, vol. 27, no. 3–4, pp. 346–351. (In Russ.).
- FAO. *Global Forest Resources Assessment 2020*. The main conclusions. Rome, 2020. <https://doi.org/10.4060/ca8753ru>
- Fu T., Ke J.H., Zhou Sh., Xie G.H. Estimation of the quantity and availability of forestry residue for bioenergy production in China. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2020, vol. 162, pp. 49–93. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104993>
- Hakkila P. Factors driving the development of forest energy in Finland. *Biomass Bioenergy*, 2006, vol. 30, no. 4, pp. 281–288. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.07.003>
- Ivanova I.V., Russkova I.G. Investigation of heat technical characteristics of fuel from wood waste and their environmental safety. *Vestn. S.-Peterb. Univ. GPS MChS Rossii*, 2023, no. 3, pp. 1–10. (In Russ.). <https://doi.org/10.61260/2218-13X-2023-3-1-10>
- Korpachev V.P., Andriyas A.A., Perezhilin A.I. Estimation of the Lumbering Waste in Krasnoyarsk Krai. *Vestn. KrasGAU*, 2010, no. 7, pp. 7–10. (In Russ.).
- Kovalev A.P., Ryabuxin P.B., Kovalev V.A., Alekseenko A.Yu. On the necessity of switch to sustainable and non-exhaustible use of forests in the Far East. *Vestn. Tikhookean. Gos. Univ.*, 2011, no. 2, pp. 61–70. (In Russ.).
- Kovalev A.P., Matveeva A.G., Kovalev S.A. Dynamics and state of forest resources in the Far East. *Vestn. Tikhookean. Gos. Univ.*, 2012, no. 4, pp. 161–168. (In Russ.).
- Makarenko E.L. Assessment of forestry and woodworking waste formation in Central Ecological Area of the Baikal Natural Territories. *Usp. Sovrem. Estestvozn.*, 2020, no. 5, pp. 63–69. (In Russ.).
- Mayorova L.P. On the issue of estimating the volume of secondary wood resources. *Vestn. Tikhookean. Gos. Univ.*, 2006, no. 1, pp. 65–80. (In Russ.).
- Mueller O.D., Malygin V.I., Kharitonenko V.T., Kremleva L.V. Analysis of the energy potential of wood waste in the timber industry of the Arkhangelsk region. *Izv. VUZov. Lesnoi Zh.*, 2010, no. 3, pp. 94–101. (In Russ.).
- Oliveira P.R.S., Santos Júnior A.J., Pereira A.K.S., Dias Júnior A.F., Mourão C.P., Cupertino G.F.M., Brito J.O., Numazawa S., Saloni D. From waste to watts: Investigating teak biomass waste for bioenergy. *BioResources*, 2023, vol. 19, no. 2, pp. 2883–2900.
- Sarmin S.N., Jawaid M., Elias R. Life cycle assessment of wood waste. In *Wood Waste Management and Products. Sustainable Materials and Technology*. Sarmin S.N., Jawaid M., Elias R., Eds. Singapore: Springer, 2023, pp. 15–22. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-1905-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1905-5_2)
- Tatarintseva A.P. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu ob'emov vtorichnykh drevesnykh resursov* [Methodological Guidelines for Determining the Volume of Secondary Wood Resources]. Moscow: Gosleskhoz SSSR, 1988.
- The Russian Federation Forest Sector Outlook Study to 2030*. Rome: FAO, 2012.
- Titus B.D., Brown K., Helmisaari H.S. et al. Sustainable forest biomass: A review of current residue harvesting guidelines. *Energ. Sustain. Soc.*, 2021, vol. 11, no. 10, pp. 1–32. <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00281-w>
- Zbieć M., Franc-Dąbrowska J., Drejerska N. Wood Waste Management in Europe through the lens of the Circular Bioeconomy. *Energies*, 2022, vol. 15, no. 12, pp. 43–52. <https://doi.org/10.3390/en15124352>