

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О.В. Мурашова✉, Н.С. Главатских, П.Н. Перфильев, Н.О. Задраускайте

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), 163002, Россия,
г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17

o.murashova@narfu.ru

На примере Красноборского района Архангельской области представлены перспективы использования порубочных остатков как сырья для производства топливных брикетов. Предложена технология заготовки древесных отходов и производства топливных брикетов. Разработаны схемы транспортировки лесосечных отходов к заводам производства брикетов и брикетов к источникам локальной энергетики.

Ключевые слова: лесозаготовительное производство, лесосечные отходы, топливные брикеты, локальная энергетика, логистическая схема доставки

Ссылка для цитирования: Мурашова О.В., Главатских Н.С., Перфильев П.Н., Задраускайте Н.О. Перспективы комплексного использования отходов лесозаготовительного производства // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 4. С. 119–127. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-119-127

Архангельская область — это регион Российской Федерации с наиболее развитой лесной промышленностью. Площадь региона составляет 330 103 км². Плотность населения невелика — 1,91 чел/км². При этом около 80 % составляет городское население, в удаленных от областного центра районах проживают 20 % населения. В силу сложившихся обстоятельств инфраструктура этих районов недостаточно хорошо развита. Одной из проблем является несовершенство структуры локальной энергетики. В большинстве населенных пунктов используются устаревшие системы теплоснабжения жилых домов или даже печное отопление. В таких районах целесообразно строительство новых локальных котельных.

Зачастую в этих районах активно ведется лесозаготовительная деятельность, в результате образуются лесосечные отходы: ветки, сучья, вершины, мелкие и надломленные деревья. Их можно использовать в проводимой здесь деятельности.

Одним из направлений применения порубочных остатков является их употребление в качестве сырья при производстве топливных брикетов.

Топливные брикеты — это новый экологически чистый вид топлива. Они обладают высокой теплотворной способностью, имеют низкую зольность, практически не оставляют нагара.

Цель работы

Цель работы — оценка перспектив использования порубочных остатков для производства топливных брикетов в целях локальной энергетики на примере Красноборского района Архангельской обл.

Материалы и методы

Топливные брикеты — это вид твердого топлива, в основе производства которого лежит процесс прессования измельченных в муку отходов деревопереработки. В качестве связующего вещества выступает лигнин, содержащийся в клетках древесины и выделяющийся при высоком давлении и нагревании.

Существует три типа топливных брикетов: RUF, NESTRO, Pini&Kay (рис. 1). Технология изготовления их различна, но все они отличаются высокой продолжительностью горения, теплотворностью и экологичностью [1–4].

В настоящее время разработаны производственные технологические линии для производства топливных брикетов (рис. 2) [5].

Линия брикетирования состоит из четырех участков: 1) измельчения крупных отходов; 2) сушки; 3) вторичного измельчения; 4) брикетирования. Производительность такой линии составляет 2,2 т/ч.

В ходе исследования была дана оценка возможного объема производства лесосечных отходов, рассмотрена технологическая схема их сбора и переработки в топливные брикеты и разработана логистическая схема транспортировки лесосечных отходов к пунктам переработки и топливных брикетов к пунктам теплоснабжения.

Результаты и обсуждение

На территории Красноборского района Архангельской обл. осуществляют деятельность несколько лесопромышленных предприятий. Наиболее значимые из них — лесозаготовительные предприятия АО «Группа Илим»



Рис. 1. Топливные брикеты RUF, NESTRO, Pini&Kay
Fig. 1. Fuel briquettes RUF, NESTRO, Pini&Kay

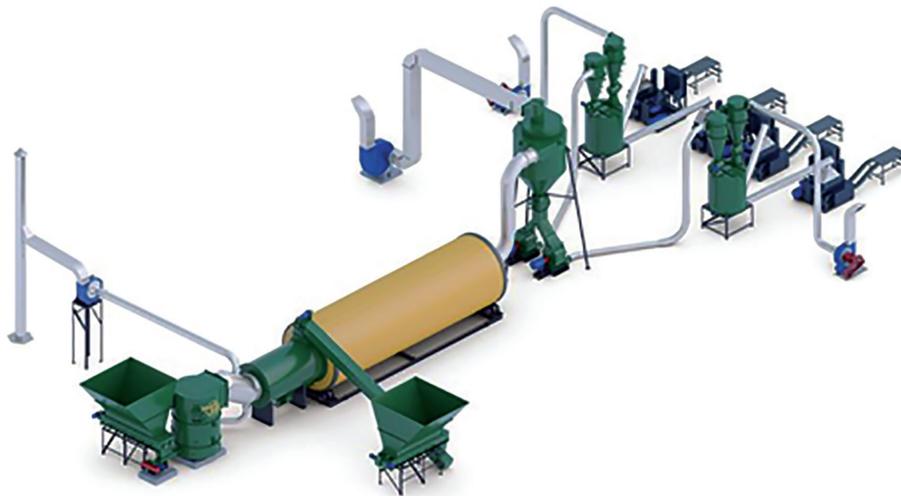


Рис. 2. Линия для производства древесных брикетов
Fig. 2. Wood briquettes production line

Т а б л и ц а 1

Лесозаготовительные предприятия (рис. 3)
Logging enterprises (Fig. 3)

Номер пункта вывозки	Заготовители	Фактическая заготовка древесины, м ³ /год	Объем лесосечных отходов, м ³ /мес
1	АО «Группа Илим»	179 975	2400
2	АО «Группа Илим»	171 549	2287
3	АО «Группа Илим»	10 910	145
4	АО «Группа Илим»	68 130	908
5	ООО «Красноборск Лес Пром»	19 049	254
6	ООО «Красноборск Лес Пром»	7432	99
7	ООО «Красноборск Лес Пром»	33 215	443
8	ООО «Красноборск Лес Пром»	13 648	182
9	ООО «Красноборск Лес Пром»	6779	90
10	ООО «Мегафлекс № 763»	14 937	199
11	ООО «МИАЛ»	4048	54
12	ООО «Ламбер-Д»	24 464	326
13	ООО «Группа компаний «УЛК»»	3455	46
14	ГАОУ СПО АО «КЛТ»	3254	43
15	ИП Брызгалов	1583	21
16	ИП Кувакин С.Н.	11 623	155
17	ИП Юрьев	13 498	180
18	ИП Джиджоев	10 093	135
19	ИП Юрьев А.А.	3495	47
20	ИП Байкалов С.Г.	1600	21
21	ЗАО «Лесозавод 25»	13 869	185
Всего			8221

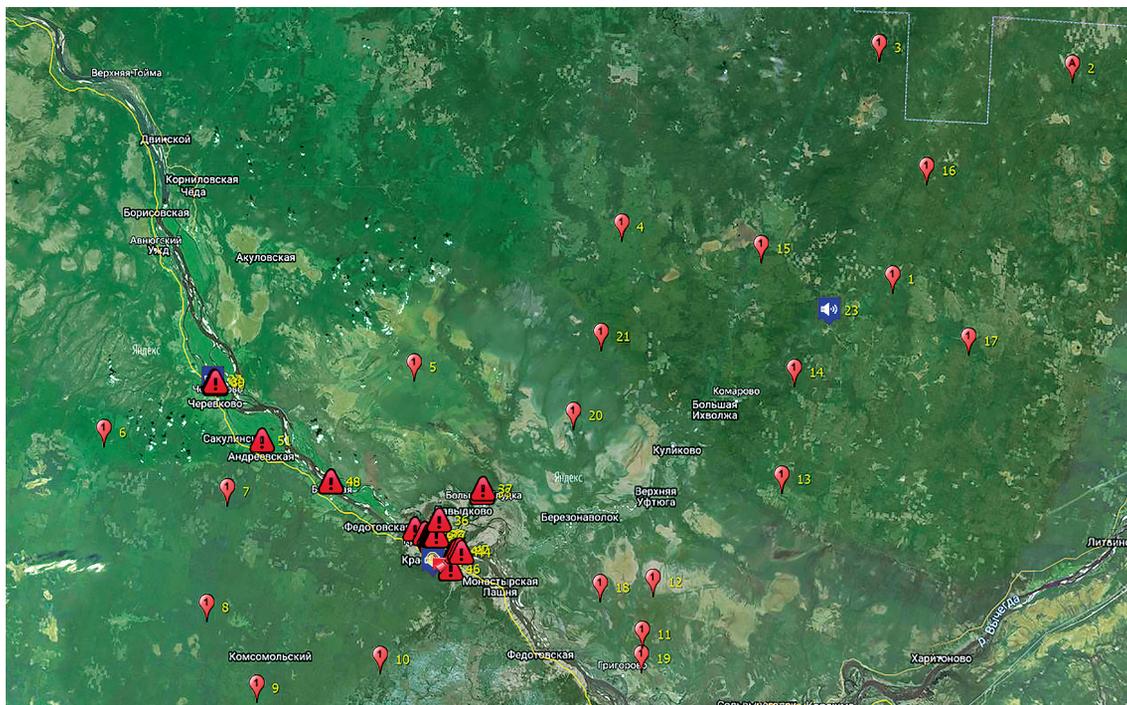


Рис. 3. Схема расположения объектов логистической цепи: 1–21 — пункты вывозки лесосечных отходов; 22–24 — заводы по производству брикетов; 26–52 — источники теплоснабжения
Fig. 3. Scheme of the logistics chain objects location: 1–21 — points for the removal of logging waste; 22–24 — factories for the briquettes production; 26–52 — sources of heat supply

и ООО «Красноборск Лес Пром». Предприятия занимаются лесозаготовкой и вывозкой леса на Котласский целлюлозно-бумажный комбинат. Проект создания лесоперерабатывающего завода разработан в ООО «Красноборск Лес Пром», но к его реализации еще не приступили. Наряду с этими предприятиями лесозаготовительную деятельность в районе ведут еще некоторые (табл. 1) [6–10].

Лесосечные отходы образуются при лесозаготовках и зависят как от состава древостоя, бонитета, способа заготовок древесины, так и от почвенно-климатических условий, и от сезона заготовок.

К лесосечным отходам относятся ветки и сучья, вершины, мелкие деревья, кустарники, надломленные деревья, пни и корни [11].

Количество лесосечных отходов оценивают величиной 20...25 % от общей биомассы. Эти отходы не включают в объем лесозаготовки, так как их объем учитывают только по стволу части дерева. Это обстоятельство актуализирует заготовки лесосечных отходов в целях производства из них полезной продукции. Кроме того, согласно Лесному кодексу Российской Федерации, лесосечные отходы следует убирать с лесосек в установленные сроки [12].

Сбор порубочных остатков можно осуществлять различными способами (рис. 4) [13–19]. В частности на лесосеке после рубки деревьев порубочные остатки укладывают на трелевоч-

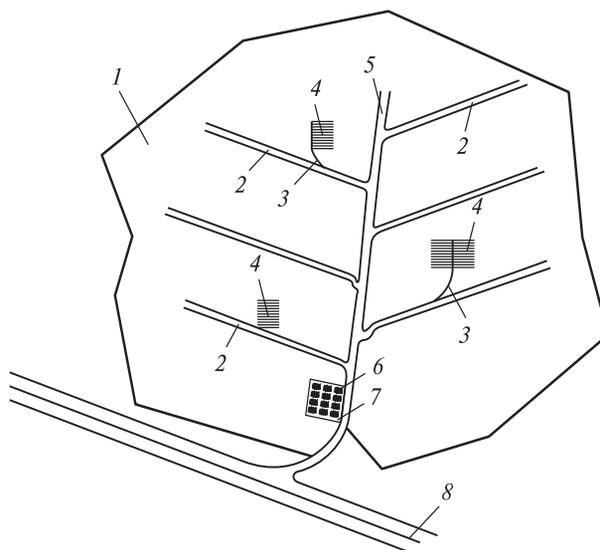


Рис. 4. Технологический процесс сбора порубочных остатков: 1 — лесосека; 2 — ветки лесовозной дороги; 3 — усы лесовозной дороги; 4 — лесосеки; 5 — лесовозная дорога; 6 — лесосечные отходы; 7 — транзитный пункт; 8 — магистральная дорога
Fig. 4. Technological process of collecting logging residues: 1 — cutting area; 2 — branches of the logging road; 3 — spurs of the logging road; 4 — cutting areas; 5 — logging road; 6 — logging waste; 7 — transit point, 8 — main road

ный волок либо рядом с ним. Сборочно-сортировочная машина, двигаясь по трелевочному волоку, собирает лесосечные отходы, погружая

Котельные Красноборского района Архангельской области (рис. 3)

Krasnoborsk boiler houses in the Arkhangelsk region (Fig. 3)

Номер источника теплоснабжения	Наименование котельной	Установленная мощность, Гкал/ч
26	Котельная ПМК-1, с. Красноборск, ул. Гагарина, д. 23б	1,51
27	Котельная СПМК-6, с. Красноборск, ул. Гагарина, д. 3	2,40
28	Котельная Юбилейной, с. Красноборск, ул. Юбилейная, д. 4	0,26
29	Котельная Аэропорта, с. Красноборск, ул. Авиационная, д. 11	0,52
30	Котельная СПМК-2, с. Красноборск, ул. Красная, д. 40б	1,63
31	Котельная ЦРБ, с. Красноборск, ул. Набережная, д. 31а	1,57
32	Котельная ЛПХ, с. Красноборск, ул. Пионерская, д. 24	0,69
33	Котельная детского сада «Сказка», с. Красноборск, ул. Красная, д. 7а	0,86
34	Котельная ДК, с. Красноборск, ул. Гагарина, д. 42	0,97
35	Котельная КСШ, с. Красноборск, ул. Плакидина, д. 26б	1,51
36	Котельная Гагарина 14, с. Красноборск, ул. Гагарина, д. 14	0,26
37	Котельная СХТ(РТП), д. Фроловская, ул. Дружбы, д. 10а	0,49
38	Котельная Дябрино, п. Дябрино	1,58
39	Котельная МБОУ «Белослудская ООШ», д. Белая Слуда, д. 9а	0,49
40	Котельная «Белослудский ДК», д. Белая Слуда, д. 150а	0,15
41	Котельная МБОУ «Черевковская средняя школа», с. Черевково, начальная школа, ул. Первомайская, д. 9	0,49
42	Котельная МБОУ «Черевковская средняя школа», с. Черевково, средняя школа, ул. Советская, 7б	0,94
43	Котельная МБОУ «Черевковская средняя школа», с. Черевково, детский сад «Золушка», ул. Титова, д. 7а	0,3
44	Котельная ГБОУ АО «ЧСКОШИ», с. Черевково, коррекционная школа, ул. Садовая, д. 4	0,3
45	Котельная ДК-В. Сергиевская, д. В. Сергиевская	0,3
46	Котельная ДК, с. Черевково, ул. Первомайская, д. 34а	0,3
47	Котельная «Городищенская», д. Городищенская, д. 6	0,04
48	Котельная «Ильинского ДК», д. Ершевская, ул. Центральная, д. 10а	0,04
49	Котельная «Солониха», д. Курорт Солониха, ул. Молодежная, д. 1	2,87
50	Котельная ГБУЗ АО «Санаторий имени М.Н. Фаворской»	2,22
51	Котельная МБОУ «Пермогорская ООШ», д. Большая, средняя школа, ул. Школьная, д. 4а	1,28
52	Котельная МБОУ «Пермогорская ООШ», д. Шилово, детский сад «Сосенка», д. 15	0,1

их в отдельные отсеки кузова. При наполнении отсеков кузова порубочные остатки доставляют на погрузочный пункт лесосеки и укладывают в отдельные штабеля.

Предложенный способ предполагает не разделять погрузочные пункты для каждой лесосеки отдельно, а формировать единый транзитный склад, расположенный в местах примыкания к лесовозной дороге (см. рис. 4).

Установленная мощность источников теплоснабжения в Красноборском районе составляет 26,0 Гкал/ч, в том числе работающих на дровах — 12,6 Гкал/ч, на дровах и угле — 2,7 Гкал/ч, на угле — 10,2 Гкал/ч, на дизельном топливе — 0,5 Гкал/ч [10].

Число муниципальных образований — поселений, в которых имеется центральное теплоснабжение составляет 7.

Всего котельных — 45, в том числе муниципальных — 40, ведомственных — 4, частных — 1. Количество источников теплоснабжения по видам топлива: на дровах — 32, дровах и угле — 4, угле — 8, на дизельном топливе — 1. Установлено в котельных 75 котлов.

Жилых домов с центральным отоплением — 21, отапливаемая площадь жилищного фонда — 37 304 м².

Социальных объектов, обеспеченных центральным теплоснабжением, — 55, прочих объектов, обеспеченных центральным теплоснабжением, — 15.

Т а б л и ц а 3

Стоимость транспортировки 1 м³ продукции от пунктов производства до пунктов потребления по каждому маршруту, руб.

The transportation cost of 1 m³ of products from production points to consumption points along each route, rub.

Поставщики (пункты вывозки)	Потребители (заводы по производству брикетов, см. рис. 3)			
	22	23	24	25
1	172	20	222	0
2	258	106	294	0
3	216	80	238	0
4	122	70	140	0
5	60	134	64	0
6	112	238	38	0
7	68	204	34	0
8	74	224	72	0
9	72	224	100	0
10	38	186	104	0
11	72	124	162	0
12	72	108	156	0
13	116	60	186	0
14	130	26	188	0
15	144	26	182	0
16	202	50	238	0
17	186	46	224	0
18	56	118	142	0
19	76	132	166	0
20	64	90	116	0
21	88	74	126	0

Т а б л и ц а 4

Стоимость транспортировки 1 м³ продукции от пунктов производства брикетов до пунктов теплоснабжения по каждому маршруту, руб.

The transportation cost of 1 m³ of products from briquette production points to heat supply points for each route, rub.

Поставщики (заводы по производству брикетов)	Потребители (источники теплоснабжения)													
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
22	8	8	8	8	8	6	8	8	8	12	14	28	28	92
23	148	148	150	150	148	150	148	146	146	152	142	126	126	198
24	86	88	84	86	86	86	86	86	80	88	86	94	94	1
Поставщики (заводы по производству брикетов)	Потребители (источники теплоснабжения)													
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
22	92	92	92	68	8	6	6	8	42	42	6	62	8	0
23	198	198	200	188	144	144	148	142	170	170	150	178	150	0
24	1,16	1	1,08	0,24	96	96	98	96	50	50	86	24	86	0

Львиную долю используемых теплоносителей составляет уголь — 62,8 %, третью часть — дрова. При этом отходы лесозаготовительной деятельности вовсе не используются [9].

В табл. 2 приведена установленная мощность всех существующих котельных Красноборского района Архангельской обл.

По данным, приведенным в табл. 1 и 2 был рассчитан расход топливных брикетов в месяц, необходимый для бесперебойного теплоснабжения района, который составил 3687,305 т. Расчет был выполнен из расхода 222 кг брикетов на 1 Гкал.

Количество технологических линий по производству брикетов определяется по формуле

$$Q = \frac{V_6}{\Pi},$$

где V_6 — объем топливных брикетов, т/мес,
 $V_6 = 3687,305$;

Π — производительность линии для производства брикетов, т/мес, $\Pi = 1584$.

Согласно расчетам было принято три технологические линии по производству брикетов для снабжения 28 источников теплоснабжения в Красноборском районе.

Производительность одной линии составляет 2,2 т/ч. Производство запланировано осуществлять в три смены, тогда будет производиться брикетов около 1584 т/мес (19 008 т/год). Средняя цена брикетов на внутреннем рынке России составляет к 2022 г. 5500 руб. за 1 т фасованной продукции, т. е. планируемый месячный доход предприятия составит не менее 3 млн 300 тыс. руб.

На космических фотоснимках местности (см. рис. 3) были отмечены пункты вывозки, планируемые заводы по производству брикетов и источники теплоснабжения в Красноборском районе. Затем измерены расстояния транспортировки от пунктов вывозки лесосечных отходов до заводов по производству топливных брикетов и от заводов до источников теплоснабжения. Планируемые заводы по производству брикетов было решено разместить в пос. Слободской (22), с. Красноборск (23) и с. Черевково (24).

Для составления логистической схемы были решены две транспортные задачи: 1) от пунктов вывозки отходов до заводов по изготовлению брикетов; 2) от заводов до пунктов теплоснабжения.

Транспортные задачи решали методом потенциалов [20–25], который применяется только к закрытым транспортным задачам. Поэтому в первом случае был введен фиктивный завод 25, а во втором — фиктивная котельная 53.

Для обеих задач была рассчитана стоимость транспортировки (табл. 3, 4).

Решение осуществлялось в пакете прикладных программ Microsoft Excell.

Оптимальное решение первой задачи предполагает перевозку 1584 м³ лесосечных отходов и порубочных остатков с пунктов производства 1, 4, 9–15, 18–21 в пункт 22 (предприятие по производству брикетов в с. Красноборск). Из пункта 1 отходы также везут в пункт 23 (предприятие по производству брикетов в пос. Слободской). Из пунктов 4–8 лесосечные отходы транспортируют в пункт 24 (предприятие по производству брикетов в с. Черевково). Стоимость транспортировки минимальная, составляет 305 тыс. руб.

Оптимальное решение второй задачи предполагает перевозку 247 м³ топливных брикетов из пункта производства 22 в пункт 26 (котельная

Т а б л и ц а 5

**Общая логистическая схема
 транспортировки лесосечных отходов
 и топливных брикетов
 General logistics scheme for the transportation
 of logging waste and fuel briquettes**

Объем лесосечных отходов, м ³	Пункты вывозки	Завод по производству брикетов	Источники теплоснабжения	Объем брикетов, м ³
1584	1	23	34	141
			26	159
			38	43
			39	80
			40	259
			47	49
			48	19
			50	7
115	1	22	26	247
302	4		27	393
90	9		30	85
199	10		31	267
54	11		32	257
326	12		33	2
46	13		48	30
43	14		49	49
21	15			
135	18			
47	19			
21	20		35	254
185	21			
606	4		24	28
		33		111
		37		247
		41		80
254	5	42		25
		43		80
99	6	44		154
		46		49
		52		7
443	7	51		216
		45		363
182	8	29		209

с. Красноборск). Из пункта 22 брикеты также везут в пункт 27 (котельная с. Красноборск). Из пункта 22 топливные брикеты транспортируют в пункты 28–32 (котельная с. Красноборск). Стоимость перевозок при этом минимальная, составляет 186 тыс. руб.

Общая логистическая схема транспортировки лесосечных отходов к пунктам производства брикетов и далее брикетов — пунктам теплоснабжения представлена в табл. 5.

Полученная логистическая схема позволяет оптимально распределить ресурсы для производства топливных брикетов, а также сами брикеты между источниками теплоснабжения.

Выводы

Использование биотоплива в современном мире занимает все большую долю в общем объеме энергоресурсов. Биотопливо более экологично и оставляет после себя меньший углеродный след по сравнению с нефтяной и газовой промышленностью. Поэтому использование нового вида топлива для нужд локальной энергетики Красноборского района Архангельской области перспективно. Составленная оптимальная схема поставок лесосечных отходов к пунктам переработки и топливных брикетов к пунктам теплоснабжения приведет к рациональному использованию порубочных остатков.

Список литературы

- [1] Морозов В., Морозов А. Элементы практической экологии: управление отходами. Германия: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2019. 80 с.
- [2] Левин А.Б., Семенов Ю.П., Малинин В.Г., Хроменко А.В. Энергетическое использование древесной биомассы / под ред. А.Б. Левина. М.: Инфра-М, 2019. 199 с.
- [3] Лукаш А.А. Энергетическое использование древесной биомассы. СПб.: Лань, 2020. 124 с.
- [4] Завражнов А.И., Сясин А.В. Исследование процесса получения топливных брикетов из отходов раскорчевки плодовых садов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, 2014. № 2. С. 46–49.
- [5] Погребняк Р.Г., Потрубач Н.Н. Ресурсосбережение в стратегии устойчивого развития России // Микроэкономика, 2008. Т. 8. С. 5–14.
- [6] ЭкоДревТверь. URL: <https://ekodrev-tver.ru/produksiya/biotoplivo/proizvodstvo-briketov/liniia-briketirovaniia-2-t-ch-syr-e-opilki-struzhka/> (дата обращения 12.04.2021).
- [7] Леспроминформ. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5468> (дата обращения 12.04.2021).
- [8] Лесной план Архангельской области Российской Федерации на 2019–2028 годы. URL: <https://portal.dvinaland.ru/upload/iblock/36f/Lesnoj%20plan%20Arhangel'skoj%20oblasti%202019-2028.pdf> (дата обращения 12.04.2021).
- [9] Концепция Проекта использования низкокачественной древесины и отходов лесопереработки в производстве биотоплива. Архангельск: Правительство Архангельской области, 2009. 23 с. URL: https://www.studmed.ru/konceptsiya-proekta-ispolzovaniya-nizkokachestvennoy-drevesiny-i-otvodov-lesopererabotki-v-proizvodstve-biotopliva_e6b7b2ff890.html (дата обращения 19.05.2022).
- [10] МО «Красноборский муниципальный район». URL: <https://www.krasnoborskiy.ru/> (дата обращения 12.04.2021).
- [11] Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 28.07.2012). URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350> (дата обращения 30.11.2021).
- [12] Лесной комплекс РФ. URL: <https://forestcomplex.ru/2015/06/othodyi-v-dohodyi/13/> (дата обращения 12.04.2021).
- [13] Мохирев А.П., Зырянов М. А., Безруких Ю.А. Способ сортировки порубочных остатков / Пат. 2624738 Российская Федерация, МПК А01G 23/02. Заявл. 16.11.2015, опубл. 06.07.2017. Бюл. № 19. 10 с.
- [14] Локштанов Б.М. Проектирование лесозаготовительных производств. СПб.: Изд-во СПбГЛТУ, 2015. 80 с.
- [15] Мохирев А.П., Аксенов Н.В., Шевяков О.В. О рациональном природопользовании и эксплуатации ресурсов в Красноярском крае // Инженерный вестник Дона, 2014. № 4–1 (31). С. 20.
- [16] Мохирев А.П., Безруких Ю.А., Медведев С.О. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования // Инженерный вестник Дона, 2015. № 2. С. 36.
- [17] Perfiliev P.N., Murashova O.V., Glavatskih N.S., Zdrauskaite N.O. Improvement of logging waste usage efficiency // 21st Int. Multidisciplinary Sci GeoConference SGEM 2021, 16–22 August, 2021, SGEM 21, Bulgaria, 2021, v. 21, book. 3.1, pp. 609–618. DOI: 10.5593/sgem2021/3.1/s14.76
- [18] Перфильев П.Н., Мурашова О.В., Задраускайте Н.О. Моделирование и оптимизация технологических процессов предприятий лесопромышленного комплекса. Архангельск: Изд-во Северного (Арктического) федерального ун-та им. М.В. Ломоносова, 2018. 94 с.
- [19] Мохирев А.П., Зырянов М.А. Технология лесосечных работ с сортировкой порубочных остатков древесины // Системы. Методы. Технологии, 2015. № 3. С. 118–122.
- [20] Алябьев В.И., Ильин Б.А., Кувалдин Б.И. Сухопутный транспорт леса. М.: Лесная пром-сть, 1990. 416 с.
- [21] Тюхтина А.А. Математические модели логистики, Транспортная задача. Нижний Новгород: Изд-во Национального исследовательского Нижегородского государственного ун-та им. Н.И. Лобачевского, 2016. 66 с.
- [22] Dantzig G.B. Application of the simplex method to a transportation problem, in Activity Analysis of Production and Allocation / Ed. T.C. Koopmans. New York: Wiley, 1951, pp. 359–373.
- [23] Лунгу К.Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. М.: Физматлит, 2005. 128 с.
- [24] Данинг Дж.Б. Линейное программирование, его применения и обобщения / под ред. Н.Н. Воробьева. М.: Прогресс. Редакция литературы по экономике, 1966. 600 с.
- [25] Банди Б. Основы линейного программирования. М.: Радио и связь, 1989. 76 с.

Сведения об авторах

Мурашова Ольга Валерьевна  — канд. техн. наук, доцент САФУ имени М.В. Ломоносова, o.murashova@narfu.ru

Главатских Наталья Сергеевна — канд. техн. наук, доцент, заместитель директора высшей инженерной школы САФУ имени М.В. Ломоносова, n.glavayskih@narfu.ru

Перфильев Павел Николаевич — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой лесопромышленных производств и обработки материалов, САФУ имени М.В. Ломоносова, p.perfilev@narfu.ru

Задраускайте Наталья Олеговна — канд. техн. наук, доцент САФУ имени М.В. Ломоносова, n.zadrauskaite@narfu.ru

Поступила в редакцию 06.12.2021.

Одобрено после рецензирования 05.04.2022.

Принята к публикации 18.05.2022.

PROSPECTS FOR THE INTEGRATED USE OF LOGGING PRODUCTION WASTE

O.V. Murashova , **N.S. Glavatskikh**, **P.N. Perfiliev**, **N.O. Zadrauskaite**

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangelsk, Russia

o.murashova@narfu.ru

Using the example of the Krasnoborsk district in the Arkhangelsk region, the prospects of using felling residues as raw materials for the production of fuel briquettes are investigated. The technology of logging residues and production of fuel briquettes is proposed. Transportation schemes of logging waste to briquette production plants and briquettes to local energy sources have been developed.

Keywords: logging production, logging waste, fuel briquettes, local energy, logistics delivery scheme

Suggested citation: Murashova O.V., Glavatskikh N.S., Perfiliev P.N., Zadrauskaite N.O. *Perspektivy kompleksnogo ispol'zovaniya otkhodov lesozagotovitel'nogo proizvodstva* [Prospects for the integrated use of logging production waste]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 4, pp. 119–127. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-119-127

References

- [1] Morozov V., Morozov A. *Elementy prakticheskoy ekologii: upravlenie otkhodami* [Elements of practical ecology: waste management]. Germany: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2019, 80 p.
- [2] Levin A.B., Semenov Yu.P., Malinin V.G., Khromenko A.V. *Energeticheskoe ispol'zovanie drevesnoy biomassy* [Energy use of woody biomass]. Ed. A.B. Levin. Moscow: Infra-M, 2019, 199 p.
- [3] Lukash A.A. *Energeticheskoe ispol'zovanie drevesnoy biomassy* [Energy use of woody biomass]. St. Petersburg: Lan', 2020, 124 p.
- [4] Zavrazhnov A.I., Syasin A.V. *Issledovanie protsessa polucheniya toplivnykh briketov iz otkhodov raskorchesvki plodovykh sadov* [Study of the process of obtaining fuel briquettes from the waste of uprooting orchards]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University], 2014, no. 2, pp. 46–49.
- [5] Pogrebnyak R.G., Potrubach N.N. *Resursosberezhenie v strategii ustoychivogo razvitiya Rossii* [Resource saving in the strategy of sustainable development of Russia]. *Mikroekonomika* [Microeconomics], 2008, v. 8, pp. 5–14.
- [6] *EkoDrevTver'* [EcoDrevTver']. Available at: <https://ekodrev-tver.ru/produksiya/biotoplivo/proizvodstvo-briketov/liniia-briketirovaniia-2-t-ch-syr-e-opilki-struzhka/> (accessed 12.04.2021).
- [7] *Lesprominform* [Lesprominform]. Available at: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5468> (accessed 12.04.2021).
- [8] *Lesnoy plan Arkhangel'skoy oblasti Rossiyskoy Federatsii na 2019–2028 gody* [Forest plan of the Arkhangelsk region of the Russian Federation for 2019–2028]. Available at: <https://portal.dvinaland.ru/upload/iblock/36f/Lesnoj%20plan%20Arhangel'skoy%20oblasti%202019-2028.pdf> (accessed 12.04.2021).
- [9] *Pravitel'stvo Arkhangel'skoy oblasti «Kontseptsiya Proekta ispol'zovaniya nizkokachestvennoy drevesiny i otkhodov lesopererabotki v proizvodstve biotopliva»* [The Government of the Arkhangelsk region «Concept of the Project for the use of low-quality wood and timber processing waste in the production of biofuels»]. Arkhangelsk: Government of the Arkhangelsk Region, 2009, 23 p. Available at: https://www.studmed.ru/koncepciya-proekta-ispolzovaniya-nizkokachestvennoy-drevesiny-i-othodov-lesopererabotki-v-proizvodstve-biotopliva_e6b7b2ff890.html (accessed 19.05.2022).
- [10] *MO «Krasnoborskiy munitsipal'nyy rayon»* [MO «Krasnoborsky municipal district»]. Available at: <https://www.krasnoborskiy.ru/> (accessed 12.04.2021).
- [11] *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 04.12.2006 № 200-FZ (red. ot 28.07.2012)* [Forest Code of the Russian Federation of December 4, 2006 No. 200-FZ (as amended on July 28, 2012)]. Available at: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350> (accessed 30.11.2021).

- [12] *Lesnoy kompleks RF* [Forest complex of the Russian Federation]. Available at: <https://forestcomplex.ru/2015/06/othodyi-v-dohodyi/13/> (accessed 12.04.2021).
- [13] Mokhiev A.P., Zyryanov M. A., Bezrukikh Yu.A. *Sposob sortirovki porubochnykh ostatkov* [Method for sorting logging residues]. Patent for invention no. 2624738, dated 06.07.2017.
- [14] Lokshantov B.M. *Proektirovanie lesozagotovitel'nykh proizvodstv* [Designing of logging productions]. St. Petersburg: SPbGLTU, 2015, 80 p.
- [15] Mokhiev A.P., Aksenov N.V., Sheverev O.V. *O ratsional'nom prirodopol'zovanii i ekspluatatsii resursov v Krasnoyarskom krae* [On rational environmental management and exploitation of resources in the Krasnoyarsk Territory]. [Engineering Bulletin of the Don], 2014, no. 4–1 (31), p. 20.
- [16] Mokhiev A.P., Bezrukikh Yu.A., Medvedev S.O. *Pererabotka drevesnykh otkhodov predpriyatiy lesopromyshlennogo kompleksa, kak faktor ustoychivogo prirodopol'zovaniya* [Processing of wood waste from enterprises of the timber industry as a factor in sustainable environmental management]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2015, no. 2, part 2, p. 36.
- [17] Perfiliev P.N., Murashova O.V., Glavatskih N.S., Zadrauskaite N.O. Improvement of logging waste usage efficiency. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021, 16–22 August, 2021, SGEM 21, Bulgaria, 2021, v. 21, book. 3.1, pp. 609–618. DOI: 10.5593/sgem2021/3.1/s14.76
- [18] Perfil'ev P.N., Murashova O.V., Zadrauskayte N.O. *Modelirovanie i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov predpriyatiy lesopromyshlennogo kompleksa* [Modeling and optimization of technological processes of timber industry enterprises]. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal Univ. M.V. Lomonosov, 2018, 94 p.
- [19] Mokhiev A.P., Zyryanov M.A. *Tekhnologiya lesosechnykh rabot s sortirovkoy porubochnykh ostatkov drevesiny* [Technology of logging operations with sorting of logging residues of wood]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2015, no. 3, pp. 118–122.
- [20] Alyab'ev V.I., Il'in B.A., Kuvaldin B.I. *Sukhoputnyy transport lesa* [Land transport of the forest]. Moscow: Timber industry, 1990, 416 p.
- [21] Tyukhtina A.A. *Matematicheskie modeli logistiki, Transportnaya zadacha* [Mathematical models of logistics, Transport problem]. Nizhny Novgorod: National Research Nizhny Novgorod State University N.I. Lobachevsky, 2016, 66 p.
- [22] Dantzig G.B. Application of the simplex method to a transportation problem, in *Activity Analysis of Production and Allocation*, ed. T.C. Koopmans. New York: Wiley, 1951, pp. 359–373.
- [23] Lungu K.N. *Lineynoe programmirovaniye. Rukovodstvo k resheniyu zadach* [Linear programming. Guide to problem solving]. Moscow: Fizmatlit, 2005, 128 p.
- [24] Dantzig J.B. *Lineynoe programmirovaniye, ego primeneniya i obobshcheniya* [Linear Programming, Its Applications and Generalizations], ed. N.N. Vorobyov. Moscow: Progress. Editorial Board of Literature in Economics, 1966, 600 p.
- [25] Bundy B. *Osnovy lineynogo programmirovaniya* [Fundamentals of linear programming]. Moscow: Radio and communication, 1989, 76 p.

Authors' information

Murashova Ol'ga Valer'evna✉ — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, o.murashova@narfu.ru

Glavatskikh Natal'ya Sergeevna — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Deputy Director of the Higher School of Engineering of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, n.glavayskih@narfu.ru

Perfil'ev Pavel Nikolaevich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Head of the Department of Timber Production and Materials Processing of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, p.perfilev@narfu.ru

Zadrauskayte Natal'ya Olegovna — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, n.zadrauskaite@narfu.ru

Received 06.12.2021.

Approved after review 05.04.2022.

Accepted for publication 18.05.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest