

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ТРАНСПОРТИРОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

О.В. Мурашова✉, Т.В. Чельшева

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

o.murashova@narfu.ru

Представлено обоснование выбора оптимального способа транспортировки технологической щепы. Приведен расчет транспортных затрат для трех способов транспортировки. Обоснована экономическая эффективность оптимального способа. Технологическая щепа является сырьем для целлюлозно-бумажного производства. В исследовании представлены два способа транспортировки технологической щепы с ЗАО «Лесозавод 25» на ОАО «Архангельский ЦБК». Особенность расположения данных предприятий заключается в том, что при незначительной удаленности друг от друга (максимальное расстояние не превышает 60 км), транспортное сообщение может осуществляться двумя способами: автомобильным и водным в баржах. Автомобильный транспорт в настоящее время является основным способом транспортировки, обеспечивая высокую скорость и регулярность поставок. Однако он имеет высокую стоимость. Водный транспорт в баржах предлагает значительную экономию, но имеет ограниченный период навигации и требует сложных погрузочно-разгрузочных операций. Чтобы преодолеть недостатки каждого способа, предлагается комбинированный подход, использующий баржи в навигационный период и автотранспортные средства в межсезонье. Результаты исследования показывают, что комбинированный способ является наиболее экономичным вариантом, обеспечивая снижение годовых транспортных затрат на 21,33 % по сравнению с использованием только автомобильного транспорта.

**Ключевые слова:** технологическая щепа, автомобильный транспорт щепы, водный транспорт щепы, затраты на транспортировку

**Ссылка для цитирования:** Мурашова О.В., Чельшева Т.В. Обоснование выбора оптимального способа транспортировки технологической щепы // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 6. С. 115–126. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-6-115-126

Щепа является продуктом переработки вторичных ресурсов деревопереработки, постоянно присутствующим на лесопромышленных предприятиях [1–11]. Предприятия используют ее преимущественно для собственных хозяйственных нужд, иногда отправляют на реализацию.

Существует внутренний и внешний рынок щепы. Правительство России 9 марта 2022 г. установило запрет на вывоз в ряд стран некоторых видов лесоматериалов, в том числе и щепы. Одним из основных потребителей российской щепы являлась Финляндия [12]. В марте 2022 г. в эту страну было отправлено 60,7 тыс. т щепы, что на 71,8 % меньше по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. Далее следовала Эстония с объемами 2,4 тыс. т (+26,8 %). В Латвию было отгружено всего 0,1 тыс. т (–92,4 %) щепы.

В марте 2022 г. объем экспорта щепы из России в Европейский союз упал на 72 %, до 63,2 тыс. т. Стоимость экспорта упала на 73,4 % до 3,6 млн долл., а средняя цена уменьшилась на 6,6 % до 56,6 долл. за 1 т. По итогам I квартала 2022 г. снижение составило 30 %. Всего в январе–марте 2022 г. на внешние рынки было отгружено 442,1 тыс. т щепы. Стоимость поставок упала на

31,1 % до 27 млн долл., а средняя цена понизилась на 1,1 % до 61 долл. за 1 т. [13].

В марте 2023 г. правительство России внесло изменение в Постановление № 313 и разрешило экспорт щепы через три порта: Владивосток, Находка и Ольга, расположенных на берегу Японского моря в Приморском крае. Тем самым для отечественных лесопромышленников были открыты рынки сбыта Японии и Южной Кореи [14].

Япония до введения запрета являлась крупным импортером щепы. За первые три месяца 2022 г. Россия экспортировала в Японию 14,6 тыс. т щепы. Стоимость поставок составила 2,2 млн долл. Однако в марте 2022 г. Япония вслед за запретом экспорта щепы из России, ввела ответные санкции в отношении России и запретила импорт щепы. Таким образом, отмена экспорта с нашей стороны ситуацию не изменила, поскольку продолжает действовать запрет со стороны Японии.

Что касается Южной Кореи, то в 2021 г. объем экспорта щепы из России составил чуть более 2 млн т. на сумму 100 тыс. долл. В 2022 г. поставок из России в Южную Корею не было. Однако общий импорт щепы Южной Кореи в 2022 г. превысил 1 млн т., что на 23 % больше, чем в 2021 г. Таким образом, возможность поставлять щепу

в Южную Корею позитивно сказалась на предприятиях Дальнего Востока и Приморского края. Однако для лесопромышленников Северо-Запада России введение разрешения на экспорт проблеме не решает, и предприятия вынуждены искать другие пути реализации [15, 16]

В связи с сокращением экспорта щепы многие предприятия перенаправили экспортные потоки на внутренний рынок. Крупными потребителями щепы являются целлюлозно-бумажные комбинаты. Практически все ЦБК обладают собственной сырьевой базой, а также прочными связями и контактами со сторонними поставщиками.

ОАО «Архангельский ЦБК» и ЗАО «Лесозавод 25» являются давними партнерами. «Лесозавод 25» реализует технологическую щепу, отвечающую требованиям «Архангельского ЦБК». При этом оба предприятия являются одними из крупнейших лесопромышленных предприятий Северо-Запада России.

Общая концепция доставки грузов предполагает использование самых дешевых, но в то же время эффективных способов. Реализация данной концепции во многом зависит от правильного выбора подвижного состава, а также средств и способов выполнения погрузочно-разгрузочных работ.

Указанные особенности обуславливают необходимость поиска решений по снижению себестоимости транспортировки, определения оптимального расстояния перевозок и снижения транспортных рисков в процессе транспортировки технологической щепы.

## Цель работы

Цель работы — выбор оптимального способа транспортировки технологической щепы с ЗАО «Лесозавод 25» на ОАО «Архангельский ЦБК».

## Материалы и методы

Под щепой понимают «...измельченную древесину установленных размеров, получаемую в результате измельчения древесного сырья рубильными машинами и специальными устройствами в составе технологических линий, используемую в качестве технологического сырья или топлива» [17].

Различают топливную и технологическую щепу. Технологическую щепу используют для производства целлюлозы, древесно-волоконистых плит древесно-стружечных плит и других продуктов деревопереработки. Топливную — для нужд локальной энергетики [18].

Среди производителей щепы в Архангельской области можно выделить ЗАО «Лесозавод 25», ООО «Устьянский лесопромышленный комплекс» (ГК «УЛК»), АО «Онежский ЛДК». Для этих

предприятий щепы не является основным продуктом производства, а лишь продуктом переработки вторичных ресурсов. Покупают щепу АО «Архангельский фанерный завод», АО «АЦБК», филиал АО «Группа “Илим”» в г. Коряжме и некоторые другие предприятия.

ЗАО «Лесозавод 25» — один из крупнейших деревоперерабатывающих предприятий в Архангельской области, специализирующийся на переработке древесины хвойных пород (ели, сосны). Основным видом деятельности предприятия является производство экспортных пиломатериалов камерной сушки и древесных гранул (пеллет) [19]. Сопутствующий вид производства представлен выпуском технологической щепы, которую предприятие реализует на АО «АЦБК». Годовой объем производства технологической щепы в 2021 г. составил 2,1 м<sup>3</sup>. Оба предприятия находятся в городской черте г. Архангельска и его спутника г. Новодвинска. Расстояние между промышленными объектами не превышает 60 км. При этом у предприятий имеется возможность транспортировки как автомобильным, так и водным транспортом.

В ходе исследования нами были проанализированы существующий (автомобильный) и альтернативный (водный) способы транспортировки щепы с ЗАО «Лесозавод 25» на АО «АЦБК» и в результате выявлен оптимальный.

## Результаты и обсуждение

Основной вид транспортировки щепы с ЗАО «Лесозавод 25» на АО «АЦБК» — автомобильный. При этом осуществляться он может с применением собственного парка автомобилей или найма автомобилей сторонних организаций [20].

В технологическом процессе используются следующие машины и оборудование: щепной бункер (рис. 1), ковшовый погрузчик, щеповоз. В качестве погрузчика используется Volvo L180E или Volvo L90F [21].

В качестве щеповозов предприятие использует автомобили [22]:

- Mercedes-Benz Actros 2545 LS (6 шт.);
- Volvo FM 6×2 (4 шт.);
- Volvo FM Truck 6×2 (3 шт.).

Кроме того, в транспортировке участвуют следующие прицепы: КОМЕ ТРВ-3КРК, TOPLIFT Finland P31-ANZ. Объем прицепов до 26 м<sup>3</sup>.

В случае найма автомобилей сторонних организаций используют автомобили МАН, Scania, Volvo, Mercedes с прицепами объемом до 31 м<sup>3</sup>.

Организация работы транспорта соответствует технологии и логистике лесопромышленных предприятий [23–28] и заключается в следующем. Смена щеповоза составляет 12 ч, из которых на



Рис. 1. Открытый щепной бункер на ЗАО «Лесозавод 25»  
Fig. 1. Open chip bunker at CJSC Lesozavod 25

транспортировку уходит около 9 ч. В день автомобиль успевает совершить три рейса, т. е. один рейс занимает до 3 ч. Погрузка щеповоза занимает около 10 мин. В среднем в день работает четыре щеповоза, т. е. выполняется 12 рейсов. Работа осуществляется в две смены. Рабочая неделя состоит из семи рабочих дней.

Погрузка щепы из бункера осуществляется ковшовым погрузчиком Volvo L180F в щеповоз следующим образом (рис. 2):

- щеповоз подъезжает к месту погрузки, водитель открывает крышу кузова машины и становится на место ожидания окончания погрузки;

- машинист погрузчика подъезжает к куче древесной щепы в бункере или у бункера, опускает ковш до уровня захвата груза и движением погрузчика вперед продвигает ковш в кучу, избегая высыпания груза, наклоняя соответствующим образом ковш;

- машинист погрузчика задним ходом отъезжает от места захвата груза и перемещается к месту погрузки, где высыпает груз в кузов (груз не должен быть выше бортов); при погрузке с ковшем вместимостью 4,6 м<sup>3</sup>, машинист выгружает в кузов пять ковшей щепы, что составляет примерно 25 м<sup>3</sup>;

- после завершения погрузки машинист погрузчика разравнивает щепу в кузове с помощью ковша, отъезжает к бункеру и дает звуковой сигнал об окончании погрузки;

- водитель щеповоза закрывает крышу кузова и транспортирует щепу.

Для определения затрат транспортировки с использованием собственного и стороннего автотранспорта были определены маршруты доставки щепы на АО «АЦБК» с трех производственных участков ЗАО «Лесозавод 25» (рис. 3).

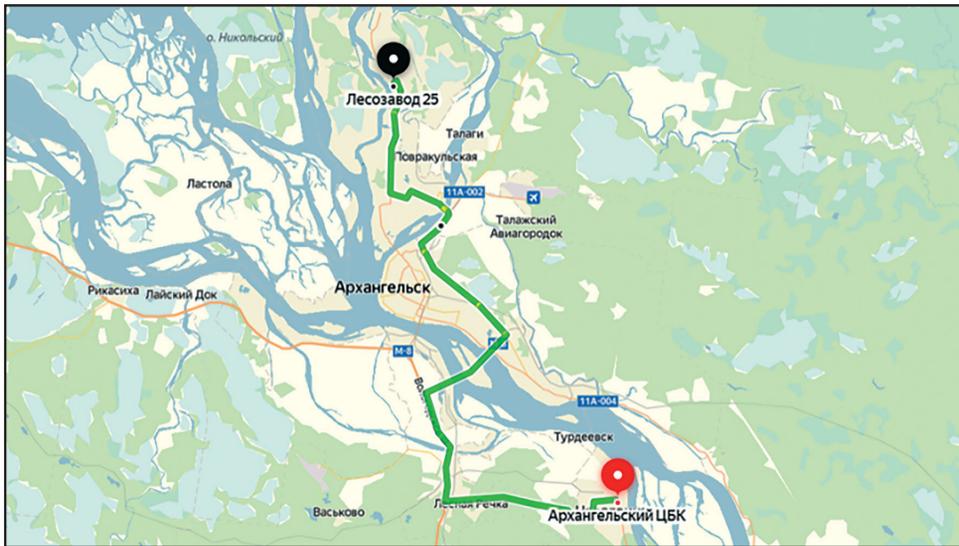


Рис. 2. Схема транспортировки щепы с применением автотранспорта  
Fig. 2. Scheme of chip transportation using motor transport

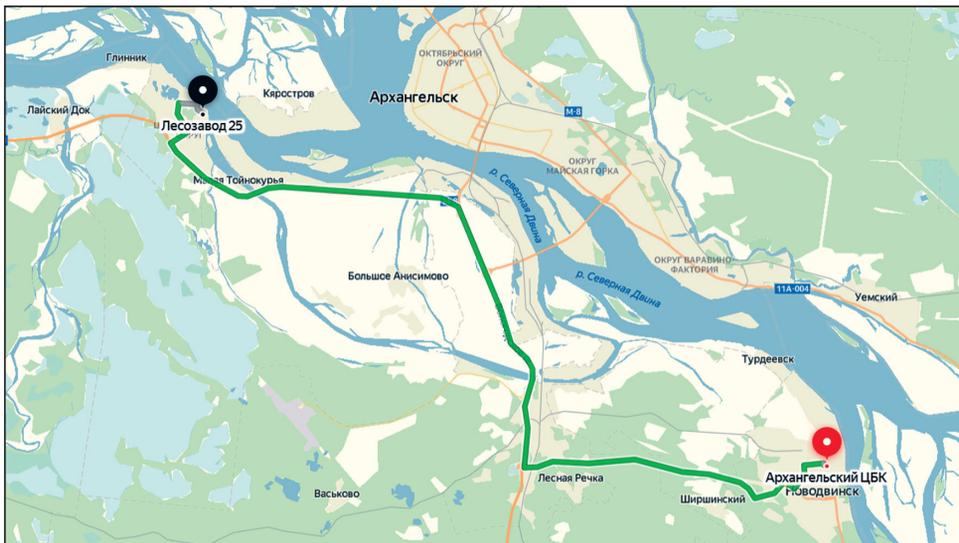
Участки № 1 и № 3 находятся на расстоянии 3 км один от другого, поэтому их маршруты транспортировки проходят по одним и тем же транспортным путям.

При калькуляции транспортных издержек учитываются следующие статьи расходов:

- на зарплату водителей с отчислениями;
- топливо;
- смазочные материалы;
- техническое обслуживание и текущий ремонт;
- автошины;
- амортизацию подвижного состава;
- общехозяйственные расходы.



а



б

**Рис. 3.** Маршруты транспортировки щепы автотранспортом с ЗАО «Лесозавод 25» на АО «АЦБК»: а — маршрут транспортировки с участков № 1 и № 3; б — маршрут транспортировки с участка № 2

**Fig. 3.** Chip transportation routes by motor transport from CJSC Lesozavod 25 to JSC APPM: а — transport route from sites No. 1 and No. 3; б — transport route from site No. 2.



**Рис. 4.** Баржа (проект 945), используемая для транспортировки щепы

**Fig. 4.** Barge (project 945) used for chip transportation

Т а б л и ц а 1

**Затраты на транспортировку технологической щепы с ЗАО «Лесозавод 25»  
на ОАО «АЦБК» за один рейс по каждому маршруту**

Costs for industrial chips transportation from CJSC Lesozavod 25 to JSC APPM for one trip on each route

Номер участка	Транспорт	Длина маршрута, км	Объем грузовой партии, м <sup>3</sup>	Затраты, руб./м <sup>3</sup>	Затраты на перевозку грузовой партии без НДС, руб.	Затраты на перевозку грузовой партии с НДС, руб.
1	Собственный	49	26	550	14 300	17 160
	Сторонний	49	31	550	17 050	20 460
2	Собственный	35	26	360	9360	11 232
	Сторонний	35	31	360	11 160	13 392
3	Собственный	52	26	550	14 300	17 160
	Сторонний	52	91	550	17 050	204 060

*Примечание.* Пункты отправления — причалы на участках, пункт назначения — причал ОАО «АЦБК», грузовая единица — прицеп.

Т а б л и ц а 2

**Суммарные затраты на транспортировку щепы автотранспортом**

Total costs of chip transportation by motor transport

Номер участка	Транспорт	Количество рейсов			Суммарные затраты на транспортировку, тыс. руб.			Годовые затраты с НДС, тыс. руб.
		в день	в месяц	в год	в день	в месяц	в год	
1	Собственный	21	616	7353	294	8810	105 715	126 858
	Сторонний	17	517	6200	294	8810	105 715	126 858
2	Собственный	22	671	8052	209	6281	75 368	90 441
	Сторонний	19	563	6752	209	9281	75 368	90 441
3	Собственный	26	767	9200	365	10 963	131 556	157 867
	Сторонний	21	643	7716	365	10 963	131 556	157 867
Суммарно по всем участкам	Собственный	68	2054	24 644	868	26 053	312 638	375 166
	Сторонний	57	1722	20 670	868	26 053	312 638	375 166

После подсчета суммарных транспортных расходов определяют, какая их доля приходится на 1 м<sup>3</sup> лесопродукции. В данном случае стоимость перевозки 1 м<sup>3</sup> щепы автотранспортом с участков № 1 и № 3 составляет 550 руб./м<sup>3</sup>, с участка № 2 (Цигломень) — 360 руб./м<sup>3</sup>.

Стоимость перевозки собственными щеповозами и сторонних организаций одинаковая (табл. 1, 2).

Альтернативным способом транспортировки является водный транспорт. Для этих целей предполагают использовать баржи проекта 945 (рис. 4) [29].

В технологический процесс также включены щепной бункер, ковшовый погрузчик, щеповоз, перегружатель. Для погрузки барж используется перегружатель Sennebogen 830M [30].

Выделим следующие организационные моменты:

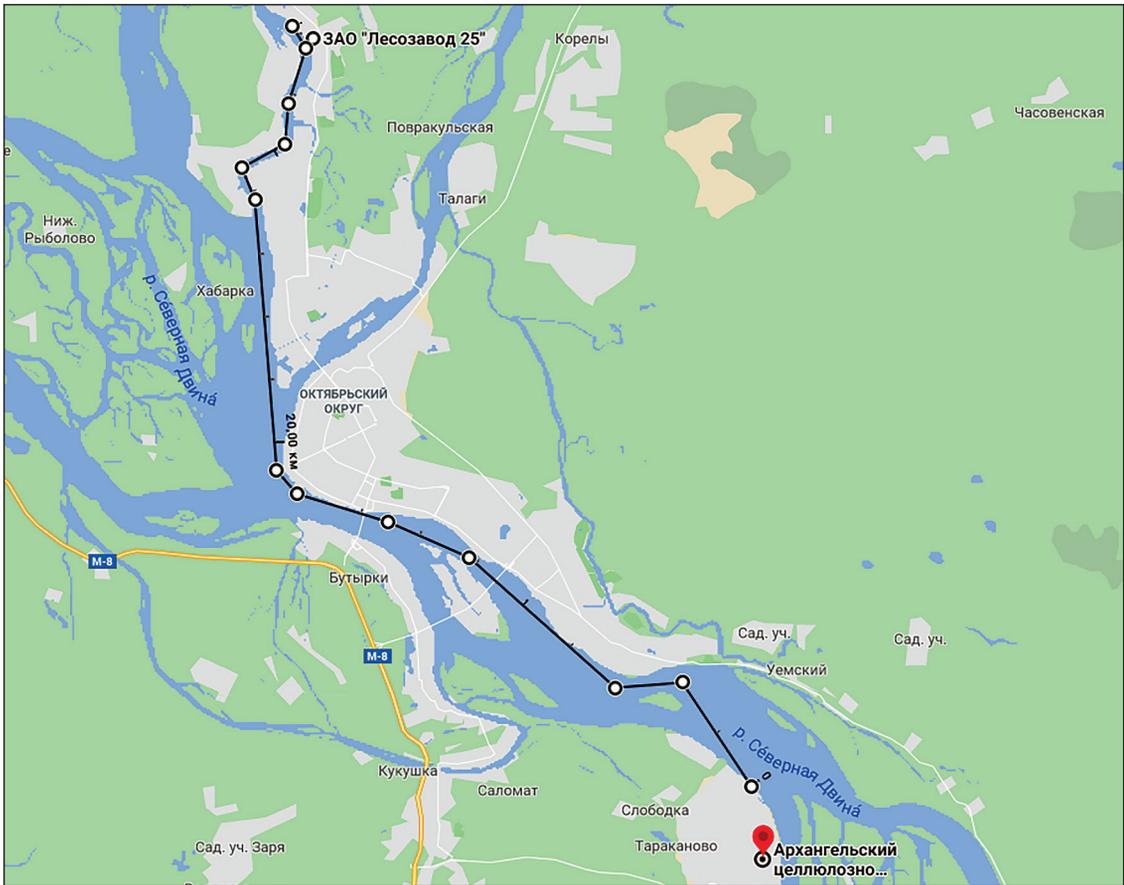
– навигационный период для действия барж продолжается с мая по октябрь;

– баржи подаются по заявкам, когда формируется запас в куче объемом более 1000 м<sup>3</sup>;

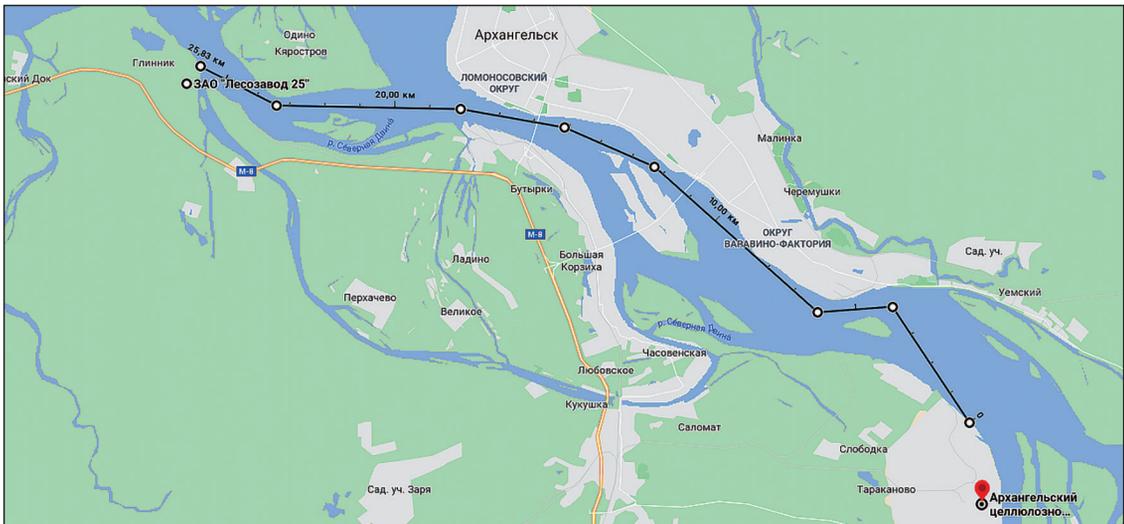


**Рис. 5.** Схема транспортировки щепы с применением водного транспорта

**Fig. 5.** Scheme of wood chips transportation using waterborne transport



*a*



*b*

**Рис. 6.** Маршруты транспортировки щепы водным транспортом с производственных участков ЗАО «Лесозавод 25» на АО «АЦБК»: *a* — маршрут транспортировки с участка № 2; *b* — маршрут транспортировки с участков № 1 и № 3

**Fig. 6.** Chip transportation routes by waterborne transport from the production sites of CJSC Lesozavod 25 to JSC APM: *a* — transportation route from site No. 2; *b* — transportation route from sites No. 1 and No. 3

Т а б л и ц а 3

## Затраты на один рейс баржи с технологической щепой по каждому из трех маршрутов

Costs per barge voyage with industrial chips for each of the three routes

Номер участка	Длина маршрута	Объем грузовой партии, м <sup>3</sup>	Затраты, руб./м <sup>3</sup>					
			На внутренние перевозки	На окучивание бульдозером	На перемещение перегружателем	Итого	На перевозку грузовой партии без НДС	На перевозку грузовой партии с НДС
1	34	1000	8,19	5,87	0,64	321,7	321 704,17	386 045,60
2	26	1000	8,43	5,87	0,86	322,17	322 167,08	386 600,50
3	38	1000	15,34	5,94	1,28	329,56	329 557,82	395 469,39

*Примечание.* Пункты отправления — причалы на участках, пункт назначения — причал ОАО «АЦБК», грузовая единица — баржа.

Т а б л и ц а 4

## Суммарные транспортные затраты на транспортировку технологической щепы водным транспортом по каждому из трех маршрутов

Total transport costs for transporting process chips by water transport for each of the three routes

Номер участка	Количество рейсов		Сумма затрат на транспортировку, тыс. руб.		Сумма затрат в год с НДС, тыс. руб.
	в месяц	в год (период навигации)	в месяц	в год (период навигации)	
1	28	189	9007,71	63 053,97	75 665
2	30	210	9665,01	67 655,07	81 186
3	34	238	10 953,68	76 675,76	92 011
Суммарно по всем участкам	92	637	29 626,4	207 384,8	248 862

– баржи предоставляются буксирно-баржевым флотом ЗАО «АКС»;

– погрузка происходит на отдельном причале: причал располагается на расстояниях 730 м, 820 м и 1,45 км от бункера щепы, в зависимости от расположения участка;

– необходим перегон самого перегружателя на заданное расстояние и транспортировка щепы до причала с помощью щеповозов;

– на причале формируется куча щепы, привезенной от бункеров;

– бульдозер применяется в двух точках: у щепного бункера для погрузки щепы в щеповоз и на причале, где бульдозер используется для окучивания щепы;

– погрузка осуществляется с помощью колесного перегружателя;

– погрузка баржи занимает около 6 ч, при этом перегружатель снимается с производства [31–33].

На рис. 5 представлена технологическая схема транспортировки щепы с использованием барж, на которой обозначены основные операции и необходимая техника, а также продемонстрированы причины усложнения технологического процесса перевозки щепы водным транспортом в отличие от автомобильного, а именно:

– увеличение количества операции при погрузке и разгрузке щепы;

– увеличение промежуточных площадок хранения щепы;

– вовлечение дополнительного оборудования. Таким образом, можно выделить следующие недостатки:

– усложнение погрузочно-разгрузочных работ;

– увеличение степени влияния погодных и температурных условий, что вместе вызывает рост вероятности снижения качества технологической щепы;

– невысокая средняя скорость транспортировки — 6,2 узла, или 11,5 км/ч при наибольшем километраже (40,7 км) обусловит продолжительность транспортировки от 3,5 ч;

– значительно возросшее время на погрузку транспорта (6 ч для баржи против 10 мин для щеповоза) повышает вероятность отправки транспорта в ночное время, что в свою очередь усиливает нагрузку на персонал.

При определении затрат на транспортировку водным транспортом были также определены маршруты (рис. 6).

Средняя вместимость барж составляет 1250 м<sup>3</sup>, при этом реально используется 50...80 %

## Суммарные транспортные затраты при транспортировке комбинированным транспортом

## Total transport costs for transportation by combined transport

Номер участка	Способ транспортировки	Количество рейсов			Затраты на транспортировку, тыс. руб.			Суммарные затраты в год с НДС, тыс. руб.	Всего затраты, тыс. руб.
		в день	в месяц	в год	в день	в месяц	в год		
1	Автомобильный	17	517	3100	294	8810	52 858	63 429	295 143
	Водный	0	14	84	0	4504	27 023	32 428	
2	Автомобильный	19	563	3317	209	6281	37 684	45 221	
	Водный	0	15	90	0	4833	29 905	34 794	
3	Автомобильный	21	643	3585	365	10 963	65 778	78 933	
	Водный	0	17	102	0	5602	33 615	40 338	
Всего	Автомобильный	57	1722	10 335	868	26 053	156 319	187 583	
	Водный	0	46	276	0	17 342	89 633	107 560	

(т. е. 1000 м<sup>3</sup>) грузоподъемности во избежание сильной осадки баржи или потерь щепы [30]. Стоимость транспортировки 1 м<sup>3</sup> щепы устанавливает предприятие-перевозчик — 200 руб. без учета НДС.

При использовании барж технологический процесс погрузки — разгрузки усложняется, что в свою очередь требует дополнительных затрат:

- на внутренние перевозки;
- окучивание бульдозером;
- перемещения перегружателя;
- потери от отвлечения перегружателя;
- выгрузку щепы в месте назначения.

Затраты на один рейс с каждого участка ЗАО «Лесозавод 25» представлены в табл. 3, 4.

Несмотря на существенную дешевизну, водный транспорт имеет значимый минус — наличие навигационного периода для плавания судов. В Архангельской области навигационный период начинается в мае и заканчивается в октябре/ноябре, т. е. составляет 6–7 месяцев [34, 35]. При средней скорости буксировки 11,5 км/ч на каждом участке должно работать не менее двух барж. К тому же у АО «АЦБК» должна быть промплощадка, способная вместить межсезонный запас щепы, рассчитанный на полгода. Комбинированный способ транспортировки способен решить данные проблемы (табл. 5).

Условиями комбинированного способа являются следующие:

– в течение периода навигации, который составляет 6 месяцев (с мая по октябрь), следует применять только водный способ транспортировки, что позволяет значительно снизить затраты на перевозку;

– в остальное время (также 6 месяцев) можно использовать только автомобильный транспорт, причем сторонних организаций.

Экономический эффект от перехода с автомобильного транспорта на водный составит

126 304 тыс. руб., от перехода с автомобильного на комбинированный — 80 023 тыс. руб.

## Выводы

Использование только водного транспорта, даже несмотря на замедление и усложнение технологии погрузочно-разгрузочных работ, является наиболее дешевым способом транспортировки технологической щепы. Однако с учетом особенностей его применения, в частности навигационного периода, возникает необходимость использования других видов транспорта в несудоходные месяцы.

Внедрение комбинированного способа позволит снизить объем годовых транспортных затрат на 80 023 тыс. руб. с НДС, или на 21,33 %, по сравнению со способом, где используется только автотранспорт.

Однако такой способ обладает следующими недостатками:

- регулярное отвлечение колесных перегружателей от основного производства;
- усложнение технологии погрузки щепы и отвлечение тягачей на внутренние перевозки;
- низкая скорость транспортировки баржами.

Тем не менее выполненные расчеты позволяют сделать вывод, что комбинированный способ является экономически оптимальным.

## Список литературы

- [1] Никишов В.Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1985. 264 с.
- [2] Мохирев А.П., Аксенов Н.В., Шверев О.В. О рациональном природопользовании и эксплуатации ресурсов в Красноярском крае // Инженерный вестник Дона, 2014. № 4–1 (31). С. 20.
- [3] Мохирев А.П., Безруких Ю.А., Медведев С.О. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса как фактор устойчивого природопользования // Инженерный вестник Дона, 2015. № 2. Ч. 2. С. 36.

- [4] Чельшева Т.В., Мурашова О.В. О внедрении элементов бережливого производства на лесопромышленных предприятиях Архангельской области // Инженерные задачи: проблемы и пути решения. Матер. IV Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. Высшей инженерной школы САФУ, Архангельск, 16–18 ноября 2022 года. Архангельск: Изд-во САФУ, 2022. С. 156–159.
- [5] Сафин Р.Г., Саттарова З.Г., Хабибуллин И.Г., Зиатдинов Р.Р., Степанова Т.О. Современные направления переработки лесных ресурсов // Вестник Казанского технологического университета, 2015. Т. 18. № 21. С. 90–93.
- [6] Технологическая щепка — востребованный продукт // ЛесПромИнформ, 2016. № 8 (122). URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4547> (дата обращения 21.03.2023).
- [7] 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
- [8] 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
- [9] Машины для измельчения древесины // ЛесПромИнформ, 2010. № 2 (68). URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1176> (дата обращения 21.03.2023).
- [10] Превратить отходы лесозаготовки в доходы поможет техника компании Bandit Industries Inc. // ЛесПромИнформ, 2011. № 5 (79). URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2372> (дата обращения 01.01.2023).
- [11] Производство пиломатериалов, профилированных по кромке; производство древесного полотна, древесной муки; производство технологической щепы или стружки в Архангельской области // Rusprofile. URL: <https://www.rusprofile.ru/codes/161020/arkhangelskaya-oblast> (дата обращения 21.03.2023).
- [12] Ранга-Корхонен Т., Сойнинен Х., Эрк А.Ф. Производство и использование древесной щепы в приграничных районах России и Финляндии // АгроЭкоИнженерия, 2020. № 103. С. 12–19.
- [13] Экспортная щепка пошла на внутренний рынок // Lesprom Network. URL: <https://www.lesprom.com/ru/news> (дата обращения 29.03.2024).
- [14] Постановление Правительства РФ от 09.03.2022 № 313 «О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 8 марта 2022 г. № 100». Таможенные документы // Альта-Софт. URL: <https://www.alta.ru/tamdoc/22ps0313/?ysclid=lvkx2y8tp4570156422> (дата обращения 29.03.2024).
- [15] Правительство разрешило экспорт щепы в недружественные страны: Лесная промышленность // Lesonline.ru: Лесная промышленность. URL: <https://www.lesonline.ru/news/?n=415666> (дата обращения 29.03.2024).
- [16] Кряж и щепка не достанутся Европе // Газета РБК. URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2022/03/11/6229ca959a794754ab9afa74?ysclid=lvkwvirha8723283676> (дата обращения 29.03.2024).
- [17] ГОСТ 17462–84 Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения (с изменением № 1) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200014926>, свободный (дата обращения 03.03.2023).
- [18] Рынок щепы: тенденции и прогнозы // Лесной комплекс РФ. URL: <https://forestcomplex.ru/2019/04/gynok-shhepy-tendencii-i-prognozy/> (дата обращения 23.03.2023).
- [19] Лесозавод 25/Продукция // Лесозавод 25. URL: <https://www.sawmill25.ru/продукция/> (дата обращения 21.03.2023).
- [20] Предприятие сегодня // Лесозавод 25. URL: <http://www.sawmill25.ru> (дата обращения 01.07.2020).
- [21] Volvo L180F: технические характеристики, описание, обзор // Экскаватор.ру. URL: [https://excavator.ru/excapedia/technic/volvo\\_l180f](https://excavator.ru/excapedia/technic/volvo_l180f) (дата обращения 21.03.2023).
- [22] Mercedes-Benz Actros 2545 LS 6x2 — технические характеристики и описание // Коммерческий транспорт и спецтехника. URL: <https://truck-and-bus.ru/catalog/mercedes-benz/mercedes-benz-actros/mercedes-benz-actros-2545-ls-6x2/> (дата обращения 21.03.2023).
- [23] Еремеева Л.Э. Основы лесопромышленной логистики. Сыктывкар: СЛИ, 2014. 208 с.
- [24] Перфильев П.Н., Мурашова О.В., Задраускайте Н.О. Моделирование и оптимизация технологических процессов предприятий лесопромышленного комплекса. Архангельск: Изд-во САФУ, 2018. 94 с.
- [25] Гаспарян Г.Д. Особенности транспортировки и сбыта щепы лесозаготовительными предприятиями // Systems Methods Technologies, 2019. № 2. С. 94–99.
- [26] Салминен Э.О., Овчинников М.М., Бит Ю.А. Организация перевозок лесопроизводства. СПб.: ИЦ Интермедия, 2014. 494 с.
- [27] Алябьев В.И., Ильин Б.А., Кувалдин Б.И. Сухопутный транспорт леса. М.: Лесная пром-сть, 1990. 416 с.
- [28] Полувагоны-щеповозы // Евросиб. URL: <http://www.eurosib.biz/ru/aktivy/podvizhnoj-i-tyagovyj-sostavy/poluvagony-shepovozy> (дата обращения 01.01.2020).
- [29] Korabel.ru — Технические характеристики проекта 945 Судно Баржа. URL: <https://www.korabel.ru/fleet/info/27437.html> (дата обращения 21.03.2023).
- [30] Sennebogen 830M RU // Sennebogen. URL: <https://lonmadi.ru/catalog/sennebogen/peregruzhateli-kolesnye/830.html> (дата обращения 21.03.2023).
- [31] Суков Г.Я., Главатских Н.С., Штаборов Д.А. Транспорт лесопроизводства по внутренним водным путям. Архангельск: САФУ, 2019. 180 с.
- [32] Камусин А.А., Суков Г.Я., Войтко П.Ф. Транспорт лесных грузов по внутренним водным путям. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. 476 с.
- [33] Овчинников М.М., Евдокимов Л.И. Судовые перевозки лесоматериалов. СПб.: СПбГЛТУ, 2007. 104 с.
- [34] Об установлении сроков открытия навигации на водных объектах Архангельской области в 2022 году // Портал проектов нормативных правовых актов Архангельской области. URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1677844544&tld=ru&lang=ru&name=v-arhangelskoy-oblasti-opredeleny-sroki-otkrytiya-navigacii-na-vodnyh-obektah\\_1650616960888415049.pdf](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1677844544&tld=ru&lang=ru&name=v-arhangelskoy-oblasti-opredeleny-sroki-otkrytiya-navigacii-na-vodnyh-obektah_1650616960888415049.pdf) (дата обращения 03.03.2023).
- [35] Об установлении сроков закрытия навигации на водных объектах Архангельской области в 2022 году // Портал проектов нормативных правовых актов Архангельской области. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2900202210210001> (дата обращения 21.03.2023).

## Сведения об авторах

**Мурашова Ольга Валерьевна** — канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (САФУ), o.murashova@narfu.ru

**Челышева Татьяна Валерьевна** — канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (САФУ), t.chelusheva@narfu.ru.

Поступила в редакцию 24.04.2023.

Одобрено после рецензирования 13.11.2023.

Принята к публикации 16.10.2023.

## RATIONALE FOR CHOOSING OPTIMAL INDUSTRIAL CHIPS TRANSPORTATION METHOD

**O.V. Murashova**, **T.V. Chelusheva**

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

o.murashova@narfu.ru

The paper provides a rationale for choosing the optimal method of transporting industrial chips. The calculation of transport costs for three transportation modes is given. The economic efficiency of the optimal method is justified. Wood chips are a product of processing secondary resources of a timber industry enterprise. At the same time, industrial chips are raw materials for pulp and paper production. Therefore, if the chip meets the technological requirements, it is advisable to use it for its intended purpose. The study presents two ways of transporting technological chips from CJSC Lesozavod 25 to JSC Arkhangelsk Pulp and Paper Mill. The location peculiarity of these enterprises involves a small distance from each other (the maximum distance does not exceed 60 km), transport link can be carried out in two ways either by road or by water in barges. Highway transport is currently the main mode of transportation, ensuring high speed and regularity of deliveries. However, it has a high cost. Waterborne transport carried out by barges offers significant savings, but has a limited navigation period and requires complex loading and unloading operations. To overcome the disadvantages of each method, a combined approach is proposed, using barges during the navigation period and motor vehicles during the off-season. The results of the study show that the combined method is the most economical option, providing a reduction in annual transport costs by 21,33 % compared with using only road transport.

**Keywords:** industrial chips, automobile transport of chips, waterborne transport of chips, transportation costs

**Suggested citation:** Murashova O.V., Chelusheva T.V. *Obosnovanie vybora optimal'nogo sposoba transportirovki tekhnologicheskoy shchepy* [Rationale for choosing optimal industrial chips transportation method]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 6, pp. 115–126. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-6-115-126

## References

- [1] Nikishov V.D. *Kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny* [Complex use of wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1985, 264 p.
- [2] Mokhirev 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]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2014, no. 4–1 (31), p. 20.
- [3] Mokhirev A.P., Bezrukikh Yu.A., Medvedev S.O. *Pererabotka drevesnykh otkhodov predpriyatiy lesopromyshlennogo kompleksa, kak faktor ustoychivogo prirodopol'zovaniya* [Processing of wood waste from timber industry enterprises as a factor in sustainable environmental management]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2015, no. 2, part 2, p. 36.
- [4] Chelusheva T.V., Murashova O.V. *O vnedrenii elementov berezhlivogo proizvodstva na lesopromyshlennykh predpriyatiyakh Arkhangel'skoy oblasti* [On the implementation of lean manufacturing elements at forestry enterprises in the Arkhangelsk region]. *Inzhenernyye zadachi: problemy i puti resheniya: mater. IV Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii Vysshey inzhenernoy shkoly SAFU* [Engineering tasks: problems and solutions: Proc. IV All-Russian (national) scientific and practical conference of the Higher Engineering School of NArFU], Arkhangelsk, November 16–18, 2022. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2022, pp. 156–159.
- [5] Safin R.G., Sattarova Z.G., Khabibullin I.G., Ziatdinov R.R., Stepanova T.O. *Sovremennye napravleniya pererabotki lesnykh resursov* [Modern directions of processing of forest resources]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan Technological University], 2015, t. 18, no. 21, pp. 90–93.
- [6] *Tekhnologicheskaya shchepa — vstrebovannyy produkt* [Process chips — a sought-after product]. *LesPromInform*, 2016, no. 8 (122). Available at: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4547> (accessed 21.03.2023).

- [7] 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
- [8] Perfiliev P.N., Murashova O.V., Glavatskikh 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
- [9] *Mashiny dlya izmel'cheniya drevesiny* [Machines for grinding wood]. *LesPromInform*, 2010, no. 2 (68). Available at: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1176> (accessed 21.03.2023).
- [10] *Prevratit' otkhody lesozagotovki v dokhody pomozhet tekhnika kompanii Bandit Industries Inc.* [Equipment from Bandit Industries Inc. will help turn logging waste into income]. *LesPromInform*, 2011, no. 5 (79). Available at: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2372> (accessed 21.03.2023).
- [11] *Proizvodstvo pilomaterialov, profilirovannykh po kromke; proizvodstvo drevesnogo polotna, drevesnoy muki; proizvodstvo tekhnologicheskoy shchepy ili struzhki v Arkhangel'skoy oblasti* [Production of edge-profiled lumber; production of wood fiber, wood flour; production of technological chips or shavings in the Arkhangelsk region]. *Rusprofile*. Available at: <https://www.rusprofile.ru/codes/161020/arkhangel'skaya-oblast> (accessed 21.03.2023).
- [12] Ranta-Korkkonen T., Soyninen Kh., Erk A.F. *Proizvodstvo i ispol'zovanie drevesnoy shchepy v prigranichnykh rayonakh Rossii i Finlyandii* [Production and use of wood chips in the border areas of Russia and Finland]. *AgroEkoInzheneriya [AgroEcoEngineering]*, 2020, no. 103, pp. 12–19.
- [13] *Eksportnaya shchepa poshla na vnutrenniy rynek* [Export chips went to the domestic market]. *Lesprom Network*. Available at: <https://www.lesprom.com/ru/news> (accessed 29.03.2024).
- [14] *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 09.03.2022 № 313 «O merakh po realizatsii Ukaza Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 8 marta 2022 g. № 100». Tamozhennyye dokumenty* [Resolution of the Government of the Russian Federation of 09.03.2022 no. 313 «On measures to implement the Decree of the President of the Russian Federation of March 8, 2022 no. 100». Customs documents]. *Alta-Soft*. Available at: <https://www.alta.ru/tamdoc/22ps0313/?ysclid=lvkx2y8tp4570156422> (accessed 29.03.2024).
- [15] *Pravitel'stvo razreshilo eksport shchepy v nedruzhestvennyye strany: Lesnaya promyshlennost'* [The government allowed the export of chips to unfriendly countries: Forestry]. *Lesonline.ru: Forestry*. Available at: <https://www.lesonline.ru/news/?n=415666> (accessed 29.03.2024).
- [16] *Kryazh i shchepa ne dostanutsya Evrope* [Logs and chips will not reach Europe]. *RBC newspaper*. Available at: <https://www.rbc.ru/newspaper/2022/03/11/6229ca959a794754ab9afa74?ysclid=lvkwvirha8723283676> (accessed 29.03.2024).
- [17] *GOST 17462–84 Produktsiya lesozagotovitel'noy promyshlennosti. Terminy i opredeleniya (s Izmeneniyem № 1)* [GOST 17462–84 Products of the logging industry. Terms and definitions (with Amendment No. 1)]. *Elektronnyy fond pravovoy i normativno-tekhnicheskoy dokumentatsii* [Electronic fund of legal and regulatory technical documentation]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200014926>, free (accessed 03.03.2023).
- [18] *Rynok shchepy: tendentsii i prognozy* [Chip market: trends and forecasts]. *Lesnoy kompleks RF [Forestry complex of the Russian Federation]*. Available at: <https://forestcomplex.ru/2019/04/rynek-shchepy-tendentsii-i-prognozy/> (accessed 23.03.2023).
- [19] *Lesozavod 25/Produktsiya* [Sawmill 25/Products]. *Sawmill 25*. Available at: <https://www.sawmill25.ru/products/> (accessed 21.03.2023).
- [20] *Predpriyatie segodnya* [Enterprise today]. *Sawmill 25*. Available at: <http://www.sawmill25.ru> (accessed 01.07.2023).
- [21] *Volvo L180F: tekhnicheskie kharakteristiki, opisaniye, obzor* [Volvo L180F: technical characteristics, description, review]. *Excavator.ru*. Available at: [https://excavator.ru/excapedia/technic/volvo\\_l180f](https://excavator.ru/excapedia/technic/volvo_l180f) (accessed 21.03.2023).
- [22] *MERCEDES-BENZ Actros 2545 LS 6x2 — tekhnicheskie kharakteristiki i opisaniye* [MERCEDES-BENZ Actros 2545 LS 6x2 — technical characteristics and description]. *Kommercheskiy transport i spetsstekhnika [Commercial vehicles and special equipment]*. Available at: <https://truck-and-bus.ru/catalog/mercedes-benz/mercedes-benz-actros/mercedes-benz-actros-2545-ls-6x2/> (accessed 21.03.2023).
- [23] Eremeeva L.E. *Osnovy lesopromyshlennoy logistiki* [Fundamentals of forestry logistics]. *Syktvykar: SLI*, 2014, 208 p.
- [24] Perfil'ev P.N., Murashova O.V., Zadrauskayte N.O. *Modelirovaniye i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov predpriyatiy lesopromyshlennogo kompleksa* [Modeling and optimization of technological processes of timber industry enterprises]. *Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University named after. M.V. Lomonosova*, 2018, 94 p.
- [25] Gasparyan G.D. *Osobennosti transportirovki i sbyta shchepy lesozagotovitel'nyimi predpriyatiyami* [Features of transportation and sale of woodchips by logging enterprises]. *Systems Methods Technologies [Systems Methods Technologies]*, 2019, no. 2, pp. 94–99.
- [26] Salminen E.O., Ovchinnikov M.M., Bit Yu.A. *Organizatsiya perevozok lesoproduksii* [Organization of transportation of forest products]. *St. Petersburg: IC Intermedia*, 2014, 494 p.
- [27] Alyab'ev V.I., Il'in B.A., Kuvaldin B.I. *Sukhoputnyy transport lesa* [Land transport of forests]. *Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry]*, 1990, 416 p.
- [28] *Poluvagony-shchepovozy* [Gondola cars for wood chips]. *Eurosib*. Available at: <http://www.eurosib.biz/ru/aktivny/podvizhnoj-i-tyagovyyj-sostavy/poluvagony-shchepovozy> (accessed 01.01.2020).
- [29] *Korabel.ru — Tekhnicheskie kharakteristiki proekta 945 Sudno Barzha* [Korabel.ru — Technical characteristics of the project 945 Vessel Barge]. Available at: <https://www.korabel.ru/fleet/info/27437.html> (accessed 21.03.2023).
- [30] *Sennebogen 830M RU*. *Sennebogen*. Available at: <https://lonmadi.ru/catalog/sennebogen/peregruzhateli-kolesnye/830.html> (accessed 21.03.2023).
- [31] Surov G.Ya., Glavatskikh N.S., Shtaborov D.A. *Transport lesoproduksii po vnutrennim vodnym putyam* [Transport of forest products via inland waterways]. *Arkhangelsk: NArFU*, 2019, 180 p.
- [32] Kamusin A.A., Surov G.Ya., Voytko P.F. *Transport lesnykh gruzov po vnutrennim vodnym putyam* [Transport of timber cargo by inland waterways]. *Yoshkar-Ola: PSTU*, 2017, 476 p.

- [33] Ovchinnikov M.M., Evdokimov L.I. *Sudovye perevozki lesomaterialov* [Ship transportation of timber]. St. Petersburg: SPbGLTU, 2007, 104 p.
- [34] *Ob ustanovlenii srokov otkrytiya navigatsii na vodnykh ob'ektakh Arkhangel'skoy oblasti v 2022 godu* [On setting the deadline for opening navigation on water bodies of the Arkhangel'sk region in 2022]. Portal proektov normativnykh pravovykh aktov Arkhangel'skoy oblasti [Portal of draft regulatory legal acts of the Arkhangel'sk region]. Available at: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1677844544&tld=ru&lang=ru&name=v-arhangel'skoy-oblasti-opredeleny-sroki-otkrytiya-navigacii-na-vodnyh-obektah\\_1650616960888415049.pdf](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1677844544&tld=ru&lang=ru&name=v-arhangel'skoy-oblasti-opredeleny-sroki-otkrytiya-navigacii-na-vodnyh-obektah_1650616960888415049.pdf) (accessed 03.03. 2023).
- [35] *Ob ustanovlenii srokov zakrytiya navigatsii na vodnykh ob'ektakh Arkhangel'skoy oblasti v 2022 godu* [On setting deadlines for closing navigation on water bodies of the Arkhangel'sk region in 2022]. Portal proektov normativnykh pravovykh aktov Arkhangel'skoy oblasti [Portal of draft regulatory legal acts of the Arkhangel'sk region]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2900202210210001> (accessed 21.03.2023).

## 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

**Chelysheva Tat'yana Valer'evna** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, t.chelusheva@narfu.ru

Received 24.04.2023.

Approved after review 13.11.2023.

Accepted for publication 16.10.2024.

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