

Научная статья
УДК 630.3

ЛОГИСТИКА СУХОПУТНО-ВОДНЫХ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРИМЕРЕ ООО «РЕЙД» ПРИКАМЬЯ

Сергей Борисович Якимович¹, Юрий Владимирович Лукин²,
Андрей Викторович Мякотников³, Егор Олегович Кузьмин⁴

¹⁻⁴ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ yakimovichsb@m.usfeu.ru,

² reidkom@mail.ru,

³ majkotnikova.80@yandex.ru,

⁴ egorka.kuzmin.1994@mail.ru

Аннотация. Представлена методика логистики сухопутно-водных путей доставки древесины с лесосек на пункты перевалки для водного транспорта и их размещения в координатах береговой линии. Изложены требования к методике: эффективность, достоверность, простота. Дан пример реализации разработанной методики на основе группировки лесосек по определенным факторам и картографии маршрутов от кластеров лесосек к пунктам перевалки.

Ключевые слова: логистика, кластеры лесосек, маршрутизация, сухопутный и водный транспорт

Для цитирования: Логистика сухопутно-водных маршрутов движения древесины на примере ООО «РЕЙД» ПРИКАМЬЯ / С. Б. Якимович, Ю. В. Лукин, А. В. Мякотников, Е. О. Кузьмин // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 217–223.

Original article

LOGISTICS OF LAND-WATER ROUTES OF TIMBER MOVEMENT ON THE EXAMPLE OF LLC “RAID” PRIKAMYE

Sergey B. Yakimovich¹, Yury V. Lukin², Andrey V. Myakotnikov³,
Egor O. Kuzmin⁴

¹⁻⁴ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ yakimovichsb@m.usfeu.ru,

² reidkom@mail.ru,

³ majkotnikova.80@yandex.ru.

⁴ egorka.kuzmin.1994@mail.ru

Abstract. The methodology of logistics of overland waterways for the delivery of timber from logging sites to transshipment points for water transport and their placement in the coordinates of the coastline is presented. The requirements for the methodology are outlined: efficiency, reliability, simplicity. An example of the implementation of the developed methodology based on the grouping of logging sites by certain factors and the mapping of routes from clusters of logging sites to transshipment points is given.

Keywords: logistics, logging clusters, routing, land and water transport.

For citation: Logistika suhoputno-vodnyh marshrutov dvizheniya drevesiny na primere OOO “REJD” PRIKAM'Ya [Logistics of land-water routes of timber movement on the example of LLC “RAID” PRIKAMYE] (2025) S. B. Yakimovich, Yu. V. Lukin, A. V. Myakotnikov, E. O. Kuzmin. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tehnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 217–223. (In Russ).

Значимость и своевременность работы определяется национальными проектами «Производительность труда» [1] и двумя проектами в сфере транспорта [2]. Национальный проект «Производительность труда» определяет совершенствование управления производства, логистики и сбыта. Национальные проекты в сфере транспорта предполагают развитие автомобильных и железных дорог, морской инфраструктуры и практически не рассматривают развитие и использование внутренних водных путей, в частности бассейна реки Кама и ее притоков северной половины Пермского края, в частности рек Вишера, Чусовая и др. Новый нацпроект «Транспорт» должен стать их преемником. В 1924 г. текущие национальные проекты заканчивают свое действие, а «новый нацпроект – это, по сути, впервые осуществляемая попытка создания системы планирования и реализации развития транспортной инфраструктуры в нашей стране, исходя из конечной задачи, которую поставил президент России, связанной с повышением мобильности населения и с обеспечением доступности транспортных сетей для грузоперевозок...» [3]. Очевидно, что в этом национальном проекте значимость сопряжения сухопутно-водных путей существенно возрастает.

Водный транспорт имеет существенные преимущества перед автомобильным и железнодорожным транспортом, такие как дешевизна транспортировки, использование естественной плавучести древесины и наличие готовых водных путей. В некоторых случаях водный транспорт является единственным доступным способом транспортировки леса. Также он является одним из наиболее экологически чистых способов транспортировки, а именно молевой сплав и сплав плоскими сплоточными единицами. В советские времена проектировались специальные береговые склады для переработки и перевалки древесины [4]. Если сухопутные пути доставки древесины достаточно развиты, то в контексте инвестпроекта «Живая Кама» в Пермском крае [5], который предполагает комплексное развитие главной водной артерии региона для логистики и туризма, освоения природных богатств в труднодоступных районах, в частности восстановление судоходства посредством дноуглубления 475 км русел рек Чусовой, Камы, Вишеры, Колвы, а также поднятия затонувших судов, актуальность темы публикации, рассматривающей системно методику маршрутизации сухопутно-водных путей доставки древесины потребителю достаточно высока.

Обоснование рациональных маршрутов перевозки древесины и пунктов перевалки в отрасли реализованы в основном для сухопутного транспорта стандартными методами теории графов (задача Штейнера и др.) оптимизации на сетях, включая транспортные задачи, а также методами динамического программирования, включая марковские цепи [6]. На текущий момент с некоторыми модификациями, в частности попыткой исключения порожних пробегов того же сухопутного транспорта, введением дополнительных ограничений, транспортные задачи продолжают решаться теми же методами [7]. Отметим, что порожние пробеги исключить невозможно, поскольку при любом расположении принимающих складов необходимо возвращаться на лесосеку. Задачи с пунктами перевалки – с сухопутного на водный транспорт не рассматривались. В целом, подобные задачи имеют сложный математический аппарат для практики заготовки древесины и проблематичны для реализации маршрутов движения древесины от лесосек (лесные участки) до пунктов перевалки на водный маршрут с неопределенными координатами размещения на береговой линии. Более того, в связи с законодательными требованиями выделения специализированных площадок для маркировки, посредством QR-кодирования вывозимой древесины, постановка и решение транспортной задачи существенно усложняется.

Исходя из приведенного, следует вывод о целесообразности разработки простой методики маршрутизации сухопутно-водных путей доставки древесины и размещения в координатах береговой линии пунктов перевалки на водный транспорт.

Цель работы – представление разработанной методики проектирования сети доставки древесины с лесосек, обеспечивающей эффективность

на основе маршрутизации сухопутно-водных путей и размещения пунктов перевалки по критерию грузовой работы.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- 1) формулирование проблемы на основе потребностей предприятий;
- 2) анализ состояния вопроса по теме, оценка достоинств и недостатков, возможность реализации поставленной цели и выводы по результатам;
- 3) разработка и представление методики.

Задачи по пунктам 1 и 2 кратко изложены выше, поэтому остановимся подробнее на методике. Представляемая методика должна соответствовать следующим требованиям: обеспечивать эффективность заготовки древесины на основе маршрутизации сухопутно-водных путей доставки древесины; 2) адекватно отражать природно-производственные условия заготовки и транспорта древесины; 3) быть достаточно простой и нетрудоемкой в исполнении.

На основе изложенного разработка методики основана на модификации методики [8] и включает в себя следующую последовательность:

1. Предпроектное размещение возможных пунктов перевалки на береговой линии с учетом ограничений законодательно-нормативного и природно-производственного характера (рисунок). Выбор и обоснование количественных и качественных факторов группировки лесосек и лесных участков, подлежащих рубке. Сбор данных по факторам для выделения однородных лесосек.

2. Выбор метода объединения лесосек в кластеры из возможных стандартных. Выполняется на основе предварительного тестирования и сравнения качества полученных кластеров.

3. Группировка лесосек и лесных участков посредством кластеризации и выделение кластеров, определение количества кластеров.

4. Уточнение статистических оценок для полученных кластеров.

5. Определение для каждой однородной группы лесосек кратчайшего расстояния до пункта перевалки на водный транспорт с учетом ограничений нормативного и маршрутного характера по водному транспорту. Прокладка маршрутов для каждой однородной группы. Подбор средств перевалки: комплект оборудования для сплотки, мобильный причал, самопогружающаяся баржа, плавучий кран и др. в зависимости от объема перевалки древесины, условий береговой линии, рельефа дна и глубин.

На рисунке показан фрагмент результатов маршрутизации по данной методике для условий ООО «Рейд». В качестве основных факторов для группировки методами кластерного анализа были выбраны: расстояние до пункта перевалки; объем заготовки древесины на лесосеках; породный состав (лиственное хозяйство для судовых перевозок, хвойное – возможно плотовым сплавом); влажность лесных почв, определяющая их несущую способность и устойчивость к воздействию лесозаготовительной техники, на возможных сухопутных маршрутах. Для объединения в кластеры ис-

пользовались известные методы: метод размещения состояний предмета труда заготовки древесины, метод ближайших соседей и для уточнения статистических оценок – метод К-средних [9].

В связи с тем, что при прочих неизменных условиях грузовая работа, влияющая на энергоемкость и производительность [10], определяется расстояниями перевозок, то последний пункт методики в качестве критерия реализует расстояние от сгруппированных лесосек до пункта перевалки с учетом транзитных участков сгруппированных лесосек.

На рисунке показаны возможные пункты перевалки, из которых использованы два (светлый тон), сгруппированные лесосеки (многоугольники): две, тяготеющие к пункту перевалки на р. Каме, три – к пункту перевалки на р. Чусовой. Маршруты сухопутного транспорта выделены светлыми прямыми. Выбор пунктов перевалки на береговой линии обусловлен наличием связи для QR-кодирования вывозимой древесины, транзитного порта (г. Добрянка) и портов приемки на расстоянии от Добрянки: Соликамскбумпром – 178 км; ПЦБК (Пермский целлюлозно-бумажный комбинат) – 55 км; Верхнечусовские Городки – 148 км.



Маршруты движения древесины, разработанные по представленной методике: прямоугольниками обозначены возможные пункты перевалки на реках Каме и Чусовой (светлые – принятые, черные – резервные); многоугольники – сгруппированные лесосеки; соединительные линии – кратчайшие маршруты

Выводы

1. Использование смешанных видов транспорта с рациональной логистикой обеспечивает снижение затрат за счет дешевизны транспортировки водным транспортом, использованием естественной плавучести древесины и наличием готовых водных путей, попутно реализуя повышение мобильности населения с развитием доступности транспортных сетей для грузоперевозок.

2. Разработанная методика проектирования кратчайшей сети доставки древесины, обеспечивающая эффективность заготовки древесины на основе маршрутизации сухопутно-водных путей доставки и размещения пунктов перевалки, реализована на несложных методах кластерного анализа, картографии и может быть использована в практике лесопромышленных предприятий.

3. Представленные результаты маршрутизации сухопутно-водных путей доставки древесины в пункты назначения подтверждают практическую значимость методики для условий ООО «Рейд».

Список источников

1. Национальный проект РФ «Производительность труда». URL: <https://национальныепроекты.рф/projects/proizvoditelnost-truda/> (дата обращения: 01.10.2024).

2. Национальные проекты в сфере транспорта // Министерство транспорта Российской Федерации. URL: <https://mintrans.gov.ru/activities/298?ysclid=m1q37dnfy0931003582> (дата обращения: 01.10.2024).

3. В России готовится новый нацпроект «Транспорт» // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2024/01/20/v-rossii-gotovitsia-novuj-nacproekt-transport.html?ysclid=m1q2rfwpav389039528> (дата обращения: 01.10.2024).

4. Барановский В. А., Некрасов Р. М. Системы машин для лесозаготовок. М. : Лесная промышленность, 1977. 248 с.

5. Группа проектов «Проект “Живая Кама” (Пермский край)». URL: <https://investprojects.info/project-groups/2608> (дата обращения: 01.10.2024).

6. Редькин А. К., Якимович С. Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник для вузов. М. : Московский государственный университет леса, 2005. 504 с.

7. Соколов А. П., Сюнев В. С. Оптимизационная модель синтеза транспортного плана перевозок древесины // Resources and Technology. 2016. Т. 13, № 1. С. 1–22.

8. Якимович С. Б., Мехренцев А. В. Типизация факторных множеств объектов лесного комплекса и предпроектное обоснование их размещения // Лесной вестник = Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 6. С. 114–123.

9. Редькин А. К., Якимович С. Б. Способ моделирования и проектирования технологических процессов лесопромышленного комплекса // Лесной вестник (1997–2002). 2000. № 4. С. 55–70.

10. Якимович С. Б., Савиных Т. И., Савиных М. А. Сравнительный анализ способов заготовки древесины харвестером по критерию производительности и удельной энергоёмкости // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4 (79). С. 69–74.

References

1. The national project of the Russian Federation “Labor productivity”. URL: <https://национальныепроекты.RF/projects/proizvoditelnost-truda/> (accessed: 01.10.2024).

2. National projects in the field of transport // Ministry of Transport of the Russian Federation. URL: <https://mintrans.gov.ru/activities/298?ysclid=m1q37dnfy0931003582> (accessed: 01.10.2024).

3. A new national project “Transport” is being prepared in Russia // Rossiyskaya Gazeta. URL: <https://rg.ru/2024/01/20/v-rossii-gotovitsia-novyj-nacproekt-transport.html?ysclid=m1q2rfwpav389039528> (accessed: 01.10.2024).

4. Baranovsky V. A., Nekrasov R. M. Systems of machines for logging. M. : Forest industry, 1977. 248 p.

5. Project group “The Living Kama Project (Perm Region)”. URL: <https://investprojects.info/project-groups/2608> (accessed: 01.10.2024).

6. Redkin A. K., Yakimovich S. B. Mathematical modeling and optimization of logging technologies : textbook for universities. Moscow : Moscow State University of Forestry, 2005. 504 p.

7. Sokolov A. P., Syunev V. S. Optimization model of synthesis of a transport plan for wood transportation // Resources and Technology. 2016. Vol. 13, № 1. Pp. 1–22.

8. Yakimovich S. B., Mehrentsev A. V. Typification of factor sets of objects of the forest complex and pre-design justification of their placement // Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin. 2023. Vol. 27, № 6. DOI 10.18698/2542-1468-2023-6-114-125.

9. Redkin A. K., Yakimovich S. B. Method of modeling and designing technological processes of the timber industry complex // Lesnoy vestnik (1997–2002). 2000. № 4. pp. 55–70. EDN HVQZCX.

10. Savinykh T. I., Savinykh M. A., Yakimovich S. B. Comparative analysis of methods of harvesting timber by harvester according to the criterion of productivity and specific energy intensity // Forests of Russia and agriculture in them. 2021. № 4 (79). pp. 69–74. DOI: 10.51318/FRET.2021.95.37.006. EDN QEXIVU.