

Экономическое обоснование вида транспорта при логистике лесоматериалов

Р.Н. Ковалев^{1а}, С.Н. Долматов^{2б}, П.Г. Колесников^{2с}

¹ Уральский государственный лесотехнический университет. ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

² Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва,

пр. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, Россия

^а kir9624@yandex.ru, ^б pipinaskus@mail.ru, ^с mfsibgtu@mail.ru

^а <https://orcid.org/000-0001-8928-8765>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-1389-5894>

Статья поступила 15.02.2022, принята 21.02.2022

В целях реализации приоритетных направлений стратегии освоения Восточной Сибири и Арктической зоны РФ, освоения месторождений полезных ископаемых, строительства новых городов необходима коренная модернизация транспортной системы для соединения потенциальных мест потребления ресурсов и технологий при освоении месторождений ископаемых и традиционных, уже освоенных районов расположения действующих предприятий и мест концентрации трудоспособного населения. Обоснованные выводы и решения в области водного, железнодорожного и автомобильного транспорта в северных зонах РФ необходимы для повышения конкурентоспособности добываемых ресурсов и уровня жизни на рассматриваемых территориях. Обоснование необходимости проведения такого исследования заключается в наличии ситуации недостаточного развития транспортных путей севера Восточной Сибири. Этот фактор снижает эффективность освоения ресурсов этих территорий. Необходима разработка методика для обоснованного выбора варианта транспортировки материалов, необходимых для освоения месторождений Восточной Сибири. Предлагаемая методика базируется на анализе различных путей доставки лесоматериалов от мест заготовки до объектов потребления, связанных с освоением территорий севера Восточной Сибири. В основе методики лежит выбор оптимального вида транспортного пути и способа перевозки материалов на основе минимизации приведенных затрат, поскольку капитальные вложения, связанные с возведением и содержанием транспортного пути, могут существенно отличаться. Также имеют место факторы сезонности действия или периода навигации для водных путей транспорта.

Ключевые слова: освоение Восточной Сибири; Арктика; автомобильный, железнодорожный, водный транспорт; транспортная сеть; способ транспортировки; себестоимость доставки; капитальные вложения; приведенные затраты.

Economic justification of the type of transport in the logistics of timber

R.N. Kovalev^{1а}, S.N. Dolmatov^{2б}, P.G. Kolesnikov^{2с}

¹ Ural State Forest Engineering University; 37, Siberian Tract St., Ekaterinburg, Russia

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; 31, Krasnoyarsky Rabochy Pros., Krasnoyarsk, Russia

^а kir9624@yandex.ru, ^б pipinaskus@mail.ru, ^с mfsibgtu@mail.ru

^а <https://orcid.org/000-0001-8928-8765>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-1389-5894>

Received 15.02.2022, accepted 21.02.2022

In order to implement the priority directions of the strategy for the development of Eastern Siberia and the Arctic zone of the Russian Federation, the development of mineral deposits, the construction of new cities, a radical modernization of the transport system is necessary to connect potential places of consumption of resources and technologies in the development of mineral deposits and traditional, already developed areas where operating enterprises are located and places where the working-age population is concentrated. Reasonable conclusions and decisions in the field of water, rail and road transport in the northern zones of the Russian Federation are necessary to increase the competitiveness of the extracted resources and the standard of living in the territories under consideration. The justification for the need to conduct such a study lies in the presence of a situation of insufficient development of transport routes in the North of Eastern Siberia. This factor reduces the efficiency of resource development in these territories. It is essential to develop a methodology for a reasonable choice of the option of transporting materials necessary for the development of deposits in Eastern Siberia. The methodology is based on the analysis of various ways of delivering timber from harvesting sites to consumption objects associated with the development of the territories of the North of Eastern Siberia. The methodology is based on the choice of the optimal type of transport route and the method of transporting materials based on minimizing the reduced costs, since the capital investments associated with the construction and maintenance of the transport route can differ significantly, and there are also seasonality factors of the action or navigation period for waterways of transport.

Keywords: development of Eastern Siberia; Arctic; road; rail, water transport; transport network; mode of transportation; delivery cost; capital investments; reduced costs.

Введение. Повышение уровня конкурентоспособности лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности необходимо для обеспечения роста экономических показателей регионов Сибири и Дальнего Востока, уровня жизни работников лесопромышленных предприятий. Для обеспечения устойчивого развития необходима работа по обоснованию методов и средств освоения резервных лесов, а также древостоев, ранее не освоенных по различным причинам. К таким древостоям можно отнести низкотоварные, перестойные, поврежденные пожарами и лесными вредителями древостои. Освоение этих ресурсов позволит получить дополнительную готовую продукцию, новые рабочие места.

Размещение лесозаготовительных предприятий в значительно большей степени связано с территориально-природными факторами, чем предприятий лесопиления, выпуска плитной продукции, целлюлозы. С точки зрения влияния на эффективность размещения все факторы, влияющие на экономику лесозаготовок, можно разделить на две большие группы [1], внутрипроизводственные и районные.

Группу районных факторов можно разделить на три подгруппы, [1]:

1. Объем запасов древесины на 1 га площади лесосеки, возрастной состав леса, определяющий характер лесозаготовок, выборочные или сплошные рубки.

2. Вид и качество добываемого природного сырья — это породный состав древостоев, определяющий его потребительские свойства и пригодность для различных технологических процессов производства, а также качество, измеряемое выходом деловой и дровяной древесины с 1 га лесосеки.

3. Экономико-территориальные условия размещения предприятий, включающие такие факторы, как степень обжитости района, уровень развития экономики в нем, плотность населения, обеспеченность трудовыми ресурсами, транспортная освоенность, климат, т. е. вся совокупность социально-экономических условий жизни и деятельности населения указанного района.

Анализируя указанные факторы, можно сделать вывод, что наиболее значимы и важны два фактора — это лесосырьевые таксационные показатели предполагаемого района лесозаготовки и обеспечение транспортной доступности рассматриваемых ресурсов. Инвестиционные вложения в области транспортного обеспечения лесозаготовительного процесса могут быть весьма существенны и в разы превышать затраты на лесозаготовительное и лесоперерабатывающее оборудование. Поэтому важно взвешенное и обоснованное решение задач транспорта лесной продукции.

В принципе порядок работ, связанных с обеспечением потребителей лесной продукцией, состоит из следующих операций: обоснование и отвод лесосечного фонда, лесозаготовка, транспортировка по внутренним и магистральным транспортным путям, переработка и реализация. Обязательным и очень важным компонентом является транспортная инфраструктура, являющаяся необходимо частью промышленного предприятия как системы.

В целях повышения эффективности функционирования лесной отрасли региона необходимо строительство

единой транспортной системы, включающей автомобильный, железнодорожный, водный виды транспорта, соединяющей области малоосвоенных лесных массивов, центры переработки и потребления. Особенно остро вопрос транспортного обеспечения стоит при освоении территорий Арктической зоны России.

Вывозка леса лесовозными автопоездами — важная часть производственного процесса лесозаготовок, во многом определяющая стоимость лесоматериалов и эффективность работы лесозаготовительных предприятий и варианты их связей с потребителями древесины. Здесь затраты на транспорт составляют до 48 % от себестоимости ее заготовки. Доля автотранспорта в общем объеме вывозки древесины примерно 85 % и продолжает повышаться [2].

Плотность сети лесных дорог в Российской Федерации составляет всего 1,5 км на 1 тыс. га лесных земель, [3; 4]. Общая протяженность автомобильных дорог в лесном фонде РФ составляет 1 618 тыс. км при этом автомобильные дороги круглогодичного действия с твердым покрытием составляют лишь 181 тыс. км (11 %), временные дороги — 514 тыс. км (57 %). Потребность в строительстве новых лесных дорог круглогодичного действия и временных дорог составляет в целом по Российской Федерации 2,2 тыс. км и 9,3 тыс. км в год соответственно [3]. Для сравнения, плотность сети лесных дорог в Финляндии составляет 12,3 км [5], в Болгарии 20,3 км [6], Германии 31..35 км. [7] на 1 000 га лесных земель, т. е. существенно (в 8...15 раз) больше, чем в России. Различные исследования показывают, что оптимальная протяженность дорог, используемых лесным комплексом, должна составлять не менее 19...21,5 [8; 9] км на 1 000 га площади леса. Оптимальная протяженность дорог необходима для возможности оперативного управления лесным фондом, повышения рентабельности перевозок и эффективности лесного бизнеса [10].

Наряду с вопросами исключительно экономической целесообразности освоения ресурсов, расположенных в Восточной Сибири и Арктической зоне РФ, имеют место важные геополитические мотивы интенсивного освоения ресурсов и территорий этого региона. На этом основании правительством РФ разработана и утверждена Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [11].

Цель и задачи исследования — обоснование рациональных способов транспортировки лесоматериалов, сырья и готовой продукции при освоении лесных массивов Восточной Сибири и Арктической зоны РФ при решении задач промышленного освоения территории Красноярского края для реализации стратегии развития Арктической зоны РФ.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть перспективные виды транспорта, пригодные для обеспечения перевозок лесных ресурсов в требуемых объемах их текущего и перспективного потребления.

2. Обосновать методику выбора рационального способа транспортировки лесоматериалов на основе различных показателей эффективности.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являются различные виды транспорта, пригодного для обеспечения промышленного освоения лесных массивов, имеющих удаленное месторасположение преимущественно на территории Восточной Сибири, севера Красноярского края. Методы исследования основаны на анализе и синтезе, построении гипотез и математических расчетах. Были использованы источники, расположенные в свободном доступе.

Результаты и их обсуждение. Россия в целом, а особенно Восточная Сибирь имеет высокую степень облесенности территории. Показатели лесистости определяются отношением площади покрытых лесной растительностью земель к ее общей площади и приведены в табл. 1 [12].

Значительные площади лесных насаждений имеют высокий потенциал промышленного освоения в плане заготовки и переработки лесных ресурсов. В недрах Сибири и Дальнего Востока сосредоточено до 85,0 % энергоресурсов и древесины, 75,0 % запасов пресных вод, основная масса запасов алмазов, золота, руд цветных и редких металлов, [13].

К задачам стратегического освоения ресурсов Восточной Сибири и Арктической зоны России следует отнести развитие существующих и формирование новых транспортных путей доставки лесоматериалов, сырья и готовой продукции от мест заготовки и первичной обработки до конечного потребителя, формирование промышленных кластеров на удаленных, ранее не освоенных территориях в интересах геополитического освое-

ния, заселения и обеспечения объектами промышленного производства. Транспортное обеспечение удаленных территорий будет способствовать росту уровня занятости, повышению качества жизни населения, формировать устойчивые тренды обеспечения необходимой плотности заселения таких территорий.

Способами транспортировки лесных ресурсов от места заготовки до мест переработки, сбыта или потребления в зависимости от вида, объемов транспортируемых материалов, лесорастительных условий, наличия и удаленности объектов транспортной инфраструктуры, могут быть сухопутный и водный. Сухопутный транспорт лесоматериалов представлен железнодорожным и автомобильным. Водный транспорт может включать судовые перевозки по рекам и морям, а также транспорт леса в плотках.

Наиболее распространенным способом транспорта лесных материалов по объему перевозок в России является железнодорожный транспорт. Значительная протяженность транспортных путей диктует существенные различия в средней дальности перевозки грузов различными видами транспорта (табл. 2) [13].

В 2018 г. абсолютным лидером по средней дальности перевозок грузов являлся воздушный вид транспорта со средней дальностью перемещения 1 т грузов 6,2 тыс. км, при этом за последние 5 лет данный показатель увеличился на 51,9 %. Далее следуют трубопроводный (2,3 тыс. км), морской (2,0 тыс. км) и железнодорожный (1,8 тыс. км) виды транспорта [14].

Таблица 1. Лесистость территории регионов России

Регион	2018	2019	2020
	Значение показателя за год		
Сибирский федеральный округ	51,5	51,4	51,4
Красноярский край	45,1	45,1	45,1
Иркутская область	82,5	82,4	82,4
Забайкальский край	68,3	68,3	68,4
Республика Саха (Якутия)	50,7	50,1	50

Таблица 2. Средняя дальность перевозки 1 т. грузов по разным видам грузового транспорта в РФ

Виды транспорта	Год				
	2014	2015	2016	2017	2018
Воздушный	4 099	5 383	5 838	6 080	6 225
Трубо-проводный	2 248	2 282	2 288	2 297	2 282
Морской	2 071	2 217	1 751	1 898	1 958
Железнодорожный	1 673	1 735	1 769	1 801	1 841
Внутренний водный	607	524	570	567	569
Автомобильный	46	46	46	47	47
Всего	635	647	654	680	683

Анализ данных табл. 2 позволяет сделать вывод, что в целом транспортная система России успешно развивается, среднее расстояние транспортировки грузов по всем видам транспорта за последние 5 лет выросло на 7,6 % — с 635 до 683 км. Следовательно, осваиваются

все более удаленные ресурсы. Применительно к транспорту лесных грузов, которые технически невозможно или нерентабельно перевозить воздушным и трубопроводным транспортом, расстояния перевозок железнодорожным и автотранспортом увеличились. Дальность

перемещения грузов по железной дороге за этот период увеличилась на 11 %, а автомобильным транспортом всего на 3 %. Расстояния доставки морским транспортом снизились на 6 %, внутренним водным — на 7 %.

Железные дороги в России исторически несли основную транспортную нагрузку, особенно в отношении грузов. При условии оптимального сочетания железнодорожного, автомобильного и водного транспорта лесных грузов достигается надежная и экономичная доставка грузов [15].

Обоснование методологии выбора экономически целесообразного вида транспорта по доставке лесных грузов может базироваться на принципах и методах поиска в условиях ограниченности исходной информации, используемой при разработке углеводородных месторождений [16]. Обоснование и выбор способа транспортировки лесоматериалов производится на основе модели (рис. 1). Модель состоит из следующих блоков: лесосырьевой, экономический, блок обоснования решения.

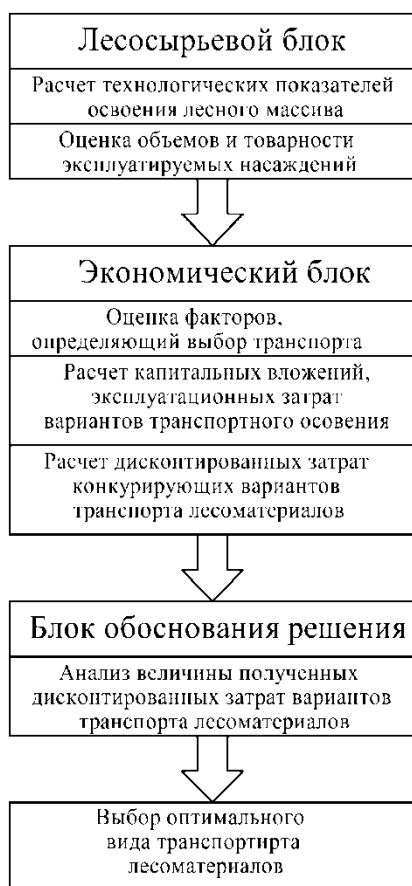


Рис. 1. Модель обоснования транспорта лесоматериалов

В лесосырьевом блоке производится оценка возможности получения конкретных видов лесного сырья при освоении лесного массива. Учитываются лесоэксплуатационные условия, показатели товарности древесины, класс бонитета, запас на гектаре и другие таксационные показатели.

В экономическом блоке осуществляется оценка факторов экономической доступности видов транспорта, идет расчет необходимых капитальных вложений, возникающих на стадии проектирования, строитель-

ства и эксплуатации транспортных путей, предназначенных для доставки лесных грузов. Следует учитывать, что транспортные системы регионов проектируются в тесной увязке со стратегическими планами освоения территорий, схемами развития промышленных районов, генеральных планов предприятий и промышленных узлов, схемами развития сети железных и автомобильных дорог, возможностями судоходства, с проектами планировки и застройки городских и сельских поселений, а также с территориальными комплексными схемами охраны природы [17].

В блоке обоснования решений проводится сравнительный анализ полученных дисконтированных затрат при рассмотренных способах транспортировки лесных грузов. Таким образом, модель позволяет обосновать и выбрать способ транспорта лесных грузов, обеспечивающий наименьшие затраты. При оценке и обосновании вида транспорта осуществляется технико-экономическое сравнение вариантов [18].

Важнейшими экономическими показателями являются капитальные затраты K и эксплуатационные расходы \mathcal{E} . К капитальным затратам относятся стоимость оборудования, материалов, работ по сооружению объекта. В состав эксплуатационных расходов входят отчисления на амортизацию и текущий ремонт, заработная плата, плата за электроэнергию, топливо, воду и т. д. Капитальные затраты считаются единовременными, а эксплуатационные расходы — текущие, распределенные во времени. Если при сравнении двух вариантов окажется, что у одного из них и капитальные, и эксплуатационные расходы меньше, чем у другого, т. е. если $K_1 < K_2$ и $\mathcal{E}_1 < \mathcal{E}_2$, то выгодность первого варианта очевидна. Обсуждению подлежит случай, когда $K_1 < K_2$ и $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$. Если в этом случае принять за оптимальный первый вариант, то, по сравнению с первым, получим экономию в эксплуатационных расходах, равную $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$. Но при этом произойдет увеличение капитальных затрат, равное $K_2 - K_1$. Отношение:

$$t = \frac{(K_2 - K_1)}{(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)}, \quad (1)$$

представляет собой срок окупаемости дополнительных капитальных затрат $K_2 - K_1$ за счет экономии эксплуатационных расходов $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$. Величина, обратная сроку окупаемости, называется коэффициентом эффективности. Это экономия эксплуатационных расходов, приходящихся на рубль излишне вложенных капитальных затрат.

В качестве основного критерия для обоснования рационального вида транспорта лесных грузов при разработке малоосвоенных лесных массивов используется показатель дисконтированных затрат, которые образуются в процессе строительства и эксплуатации транспортного пути [19]. Этот показатель применяется при сравнении вариантов, имеющих близкие экономические показатели. Показатель позволяет учесть не только капитальные затраты на строительство, но и расходы на производственный процесс транспорта.

При сравнении вариантов суммарные затраты определены следующим образом:

$$Z_i = K + \sum_{i=1}^T \frac{C}{(1+E)^i} + \sum_{i=1}^T \frac{\mathcal{E}P}{(1+E)^i}, \quad (2)$$

где Z — дисконтированные затраты i -го варианта транспорта; K — капитальные вложения в реализацию транспортного проекта, *тыс. р.*; C — ежегодные эксплуатационные затраты по i -му варианту транспорта, *тыс. р.*; $\mathcal{E}P$ — эксплуатационные расходы на ремонт и содержание сооружения по i -му варианту транспорта, *тыс. р.*; T — расчетный период, год; E — норма дисконта; t — год расчета.

Оптимальным признается такое проектное решение, которое потребует меньших дисконтированных затрат. Данная методика сравнения вариантов капитальных вложений учитывает разрыв во времени (лаг) между осуществлением капитальных вложений и получением эффекта на основе нормы дисконта E , при которой другие инвесторы согласны вложить свои средства в реализацию проектов подобного профиля. В рыночной экономике эта величина часто определяется исходя из депозитного процента по вкладам. Если принять норму дисконта ниже депозитного процента, инвесторы предпочтут вкладывать деньги в банк, а не в реальные проекты. Однако при решении стратегических вопросов освоения малоосвоенных территорий норма дисконта может существенно корректироваться.

Капитальные вложения — это затраты на реализацию транспортного проекта, осуществляемые разово, одновременно. Для укрупненного определения капитальных вложений на стадии обоснования применяются удельные показатели (на 1 км объекта) для определения ориентировочной стоимости транспортного объекта [20].

Капитальные вложения для железнодорожного транспорта определяются:

$$K_{жд} = K_{nc} + K_{путь}, \quad (3)$$

где $K_{жд}$ — капитальные вложения в железную дорогу, *тыс. р.*; K_{nc} — стоимость приобретения подвижного состава (вагоны, локомотивы), *тыс. р.*; $K_{путь}$ — капитальные вложения в строительство путевых объектов, *тыс. р.*

$$K_{путь} = K_{уд}^{жд} \cdot L, \quad (4)$$

где $K_{уд}^{жд}$ — удельные капиталовложения в строительство железнодорожных путей, *тыс. р.*; L — протяженность железной дороги, *км.*

$$K_{уд}^{жд} = K_{уд}^{пол} + K_{уд}^{смп}, \quad (5)$$

где $K_{уд}^{пол}$ — удельные капиталовложения в строительство земляного полотна, *тыс. р.*; $K_{уд}^{смп}$ — удельные капиталовложения в верхнее строение железнодорожного пути, *тыс. р.*

Капитальные вложения для автомобильного транспорта определяются:

$$K_{ад} = K_{nc} + K_{путь}, \quad (6)$$

где $K_{ад}$ — капитальные вложения в автомобильную дорогу, *тыс. р.*; K_{nc} — стоимость приобретения подвижного состава (автомобили), *тыс. р.*; $K_{путь}$ — капитальные вложения в строительство путевых объектов, *тыс. р.*

$$K_{путь} = K_{уд}^{ад} \cdot L, \quad (7)$$

где $K_{уд}^{ад}$ — удельные капиталовложения в строительство автомобильной дороги, *тыс. р.*; L — протяженность автомобильной дороги, *км.*

$$K_{уд}^{ад} = K_{уд}^{пол} + K_{уд}^{смп}, \quad (8)$$

где $K_{уд}^{пол}$ — удельные капиталовложения в строительство земляного полотна, *тыс. р.*; $K_{уд}^{смп}$ — удельные капиталовложения на возведение дорожной одежды, *тыс. р.*

Капитальные вложения для водного транспорта определяются:

$$K_{вод} = K_{nc} + K_{путь} + K_{нурс}, \quad (9)$$

где $K_{вод}$ — капитальные вложения в водный путь, *тыс. р.*; $K_{путь}$ — капитальные вложения, связанные с формированием судового хода, расширением русла, дноуглублением транспортного пути, *тыс. р.*; K_{nc} — стоимость приобретения подвижного состава (бусиры, баржи), *тыс. р.*; $K_{нурс}$ — стоимость строительства первоначальных сооружений, *тыс. р.*

При расчетах эффективности видов транспорта, необходимо учесть, что расстояние перевозок L между пунктами отправки и доставки будет отличаться: кратчайшим будет трасса автодороги, затем железнодорожная магистраль и наиболее протяженный — водный путь.

Для обоснования применимости методики расчета воспользуемся показателями Стратегии освоения Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [11]. Целевые показатели реализации Стратегии относительно количества новых рабочих мест представлены в табл. 3.

Таблица 3. Планируемые показатели числа рабочих мест

Показатель	Базовое значение	Целевое значение по годам		
		2024	2030	2035
Количество рабочих мест на новых предприятиях, расположенных на территории Арктической зоны, <i>тыс.</i>	—	30	110	200

Исходя из показателей Стратегии [11], эти рабочие места потребуются обеспечить современным комфортабельным жильем в многоквартирных или индивидуальных домах. По данным [21], в 2018 г. на индивидуальные жилые дома в России приходилось 42,9 % общей вводимой площади жилья, средняя площадь вводимых индивидуальных жилых домов составила 139,1 м².

Согласно [21], деревянные дома являются относительно более дешевым вариантом по сравнению с кирпичными и блочными. По оценкам Росстата [22], стоимость 1 м² в деревянном доме, в зависимости от региона России, может быть в 2 раза ниже, чем в кирпичных, что делает их значительно доступнее для населения. Также малоэтажные деревянные дома превосходят кирпичные и бетонные за счет простоты и скорости строительства и меньшей нагрузки на экологию при сопоставимых сроках службы. В сырьевых регионах преобладают деревянные дома: в сырьевых экспортно ориентированных регионах они составили 56,5 % всей введенной в 2018 г. площади индивидуальных жилых домов, а в менее развитых сырьевых — 65,4 % [21].

Таким образом, согласно данным табл. 4, уже к 2024 г. запланировано 30 тыс. новых рабочих мест, соответственно, в расчете на строительство 42,9 % индивидуальных домов, из них 65,4 % домов из дерева, получим необходимые площади застройки в деревянном исполнении. Для 30 тыс. рабочих мест (на 2024 г.) требуемая площадь жилфонда составит:

$$S = 30 \cdot 139,1 \cdot 0,429 \cdot 0,654 = 1170,8 \text{ тыс.м}^2 \quad (10)$$

При средней величине расхода конструктивных элементов из дерева 0,42 м³ на 1 м² площади строения [23] получим минимальный необходимый объем материалов:

$$Q = 117,8 \text{ м}^2 \cdot 0,425 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2} = 500,07 \text{ тыс.м}^3 \quad (11)$$

Для дальнейших расчетов принимаем округленно 500 тыс. м³ лесоматериалов.

Капитальные затраты, связанные с приобретением подвижного состава, определяются по зависимости:

$$K_{nc} = C_i \cdot i + C_g g, \quad (12)$$

где C_i — стоимость единицы транспортного состава (полувагон, автоприцеп, баржа), тыс. р.; i — требуемое число единиц транспортного состава; C_g — стоимость единицы тягового состава (локомотив, тягач, буксир), тыс. р.; g — требуемое число единиц тягового состава.

$$i = \frac{Q}{q \cdot n}, \quad (13)$$

где Q — объем транспортируемых лесоматериалов, м³; q — объем лесоматериалов, транспортируемых единицей транспортного состава, м³; n — оборачиваемость (число рейсов в год) единицы транспортного состава:

$$n = \frac{T}{t}, \quad (14)$$

где T — время работы транспортной системы (время навигации), сум.; t — время оборота единицы транспортного состава, сум.

$$t = (2t_{\text{об}} + \sum t_{\text{нозр}}) \delta, \quad (15)$$

где t — время движения единицы транспортного состава, сум.; $\sum t_{\text{нозр}}$ — время погрузочно-разгрузочных работ единицы транспортного состава, сум.; δ — коэффициент неравномерности работы транспортной системы по организационным и природно-климатическим условиям:

$$t_{\text{об}} = \frac{L}{L_{\text{сум}}}, \quad (16)$$

где L — расстояние перевозки, км; $L_{\text{сум}}$ — среднесуточный пробег единицы транспортного состава, км.

$$i = \frac{q}{q_i}, \quad (17)$$

где q_i — объем транспортируемых лесоматериалов, обеспечивающий реализацию тяговых возможностей тягачей, локомотивов или буксиров, м³.

При расчетах были приняты следующие параметры транспортных единиц: для железнодорожного транспорта — доставка лесоматериалов полувагонами, вместимость 60 м³, тепловозная тяга, пути не электрифицированы; для автомобильного транспорта — лесовозный автопоезд, вместимость 25 м³, лесовозная дорога 3 категории, дорожная одежда — гравийная; для водного транспорта — несамоходная баржа, вместимость 300 м³, буксировка — 1 буксир на 3 баржи. Затраты на погрузочно-разгрузочные операции, содержание и ремонт погрузочного оборудования для сравниваемых вариантов не учитывались.

Расчетная величина суммарных затрат на перевозку лесоматериалов в объеме 500 тыс. м³ при различных видах транспорта и расстояниях перевозки приведена на рис. 2. В табл. 4 приведены величины удельных затрат на доставку 1 м³.

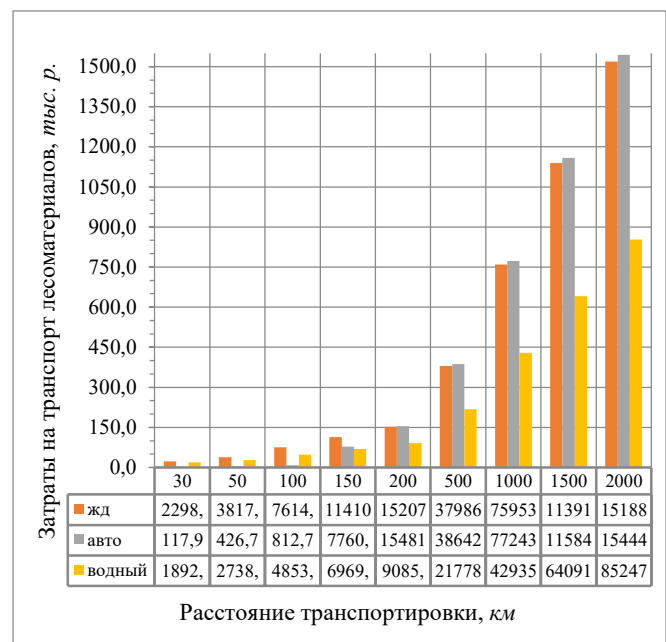


Рис. 2. Величина суммарных затрат на транспортировку лесоматериалов различными видами транспорта

Таблица 4. Затраты на перевозку 1 м³, тыс. р.

Расстояние перевозки, км	Эксплуатационные			Суммарные		
	Вид транспорта			Вид транспорта		
	ж/д	авто	водный	ж/д	авто	водный
30	0,35	0,01	0,03	4,6	0,2	3,8
50	0,50	0,02	0,04	7,6	0,9	5,5
100	0,89	0,03	0,05	15,2	1,6	9,7
150	1,27	0,04	0,23	22,8	15,5	13,9
200	1,66	0,06	0,43	30,4	31,0	18,2
500	3,97	0,14	1,04	76,0	77,3	43,6
1 000	7,83	0,27	2,04	151,9	154,5	85,9
1 500	11,69	0,40	3,05	227,8	231,7	128,2
2 000	15,55	0,54	4,05	303,8	308,9	170,5

Минимальную величину текущих эксплуатационных затрат, связанных с транспортом лесных материалов на расстояниях доставки до 200 км, имеет автомобильный транспорт. Менее экономичным является водный и железнодорожный транспорт. Однако при значительных (200 км и более) расстояниях более выгодным становится водный транспорт.

Основным и весьма весомым недостатком водного транспорта является его сезонность действия, ограниченная периодом навигации. Определенную сезонность также имеет автомобильный транспорт, поскольку в периоды осенне-весенней распутицы, сильных морозов его пропускная способность снижается. Наиболее стабильным и устойчивым является железнодорожный транспорт. При расстояниях перевозки свыше 200 км железнодорожный транспорт является более выгодным по сравнению с автомобильным. С увеличением расстояния перевозки экономичность железнодорожного транспорта становится все более очевидной.

Анализируя данные табл. 4, можно сделать вывод, что при условии определенной допустимой маржинальности совокупных затрат на доставку 1 м³ лесоматериалов достаточно разумным выглядит строительство автомобильной дороги протяженностью до 100 км, в этом случае затраты составят 1,6 тыс. р. на 1 м³ лесоматериалов. При обосновании строительства объектов железнодорожного или водного транспорта уже при расстоянии перевозки 100 км затраты составят 15,2 и 9,7 тыс. р. на 1 м³ соответственно. Такие существенные затраты делают малореальными перспективы строительства объектов транспорта силами конкретных лесопромышленных предприятий. Особенно велики затраты на строительство железных дорог. Прогнозируемая окупаемость вложений в транспортную инфраструктуру, без учета социальных факторов, роста привлекательности региона транспортного освоения и т. п., составляет не менее 10 лет при условии нормативной интенсивности движения. Можно считать, что только комплексный подход, основанный на единой концепции устойчивого развития тер-

ритории [24] с учетом экологических, экономических и социальных факторов, позволит реализовать грандиозные планы транспортного освоения территории Восточной Сибири и Арктики. Поэтому задача транспортного освоения этих территорий прежде всего должна решаться на государственном уровне при поддержке российских науки и бизнеса.

Заключение. Автомобильный, железнодорожный и водный транспорт являются главными способами транспортировки лесных ресурсов от места заготовки до мест переработки, сбыта или потребления в удаленных малоосвоенных территориях.

При анализе дисконтированных затрат вариантов транспорта лесоматериалов установлено, что доставка автомобильным транспортом более выгодна на расстояние до 150 км. После 150 км водный транспорт дешевле автомобильного и железнодорожного. На больших расстояниях (2 тыс. км и более) водный транспорт может обеспечить снижение затрат на 50 % и более по сравнению с автомобильным и железнодорожным. Следует учитывать, что расстояние перевозки между пунктом отправки и приемки грузов в случае водного транспорта будет максимальным, обусловленным наличием и состоянием имеющихся рек, озер и водохранилищ. При выборе оптимального вида транспорта лесных грузов следует учитывать и варианты комбинированных перевозок: автомобильным и железнодорожным транспортом с выходом к объектам водного транспорта. Каждый из видов транспорта необходимо обоснованно обеспечить необходимыми объемами транспортируемых лесных грузов с учетом лесозаготовки в перспективных, подлежащих освоению лесных массивах. Проектирование и строительство объектов транспортной инфраструктуры необходимо тесно увязывать с прогнозируемыми явлениями политической значимости, факторами социального освоения региона, экологическими задачами и возможными последствиями антропогенного воздействия и деятельности промышленных предприятий.

Литература

1. Медведев Н.А. Научные основы размещения лесопромышленных предприятий // Вестн. МГУЛ. Лесной вестник. 2010. № 2. С. 40-45.
2. Крупко А.М. Исследования направлений повышения эффективности автомобильного транспорта леса // Инженерный вестн. Дона. 2012. № 3. С. 362-370.
3. Стратегия развития лесного комплекса Рос. Федерации на период до 2020 г. М.: Минсельхоз России, 2008. 76 с.
4. Об утверждении стратегии развития лесного комплекса Красноярского края до 2030 года. URL: <http://mlx.krskstate.ru/dat/File/57/dokumenty/Proekt%20Strategii.pdf> (дата обращения: 21.12.2021).
5. Karjalainen T., Leinonen T., Gerasimov Y., Husso M., Karvinen S. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia - Final report of the research project. Metlan työraportteja // Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 110. 2009. 151 p.
6. Krumov T. Determination of the optimal density of the forest road network. J. For. Sci., 65: P. 438-444.
7. Winkler N. Stand der Walderschließung in Österreich. URL: <https://bfw.ac.at/inst7/publ/oeffz12-97/winkler.html> (дата обращения: 02.12.2021).
8. Majid Lotfalian, Yahya Kooch, Nosratollah Sarikhani. Effective Factors in Determination Optimal Density of Forest Road Network // Asian Journal of Scientific Research. 2008. № 1. P. 470-475.
9. Hayati E., Majnounian B., Abdi E. Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. iForest. 2012. 5. P. 121-125.
10. Kirby M., Hager W., Wong W. Simultaneous planning of woodland management and transportation alternatives. TIMS Studies in the Management Sciences 21. 1986. P. 371-387.
11. Стратегия развития Арктической зоны Рос. Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г.: утверждена Указом Президента РФ № 645 от 26 окт. 2020 г. URL: <http://kremlin.ru/acts/news/64274>. (дата обращения: 23.12.2021).
12. Лесистость территории Рос. Федерации ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/37848#> (дата обращения: 25.12.2021).
13. Смертин Н.В., Долматов С.Н. Динамика численности населения Азиатской России и тренд пространственного развития региона // Байкал - ворота в Азию: материалы Междунар. науч.-практической конф., посвящ. Году науки и технологий в Рос. Федерации и 30-летию Байкальского ин-та природопользования СО РАН (3-6 июня 2021 г.). Улан-Удэ, 2021. С. 48-51.
14. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики № 53. Грузовые перевозки в России: обзор текущей статистики. М: Аналитический центр при правительстве РФ, 2019. 28 с.
15. Ковалева Е.В., Крисько А.С., Долматов С.Н. Развитие железнодорожного транспорта - как основа интенсивного производственного освоения удаленных территорий СФО и ДВО // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сб. материалов Всерос. науч.-практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (19 мая 2017 г.). Красноярск, 2017. С. 234-237.
16. Кривко Е.В. Методические основы для определения оптимального способа транспортировки нефтепродуктов при освоении новых месторождений // Вестн. евразийской науки. 2020. Т. 12. № 4. С. 46.
17. СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91. Введ. 01.01.2013. ФАУ ФЦС, 2013. 195 с.
18. Саркиев В.М. Экономическое обоснование выбора вида транспорта при нефтяных логистических операциях // Вестн. ДГТУ. Технические науки. 2010. № 3. С. 179-186.
19. ОДМ 218.4.023-2015. Методические рекомендации по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта автомобильных дорог. М.: Росавтодор, 2014. 180 с.
20. Пособие к СНиП 2.05.07-85. Пособие по определению укрупненных технико-экономических показателей стоимости строительства для сравнения вариантов и выбора видов промышленного транспорта. Введ. 28.03.1986. ПромтрансНИИпроект Госстроя СССР, 1985. 56 с.
21. Динамика индивидуального жилищного строительства // Бюллетень о текущих тенденциях рос. экономики. М: Аналитический центр при правительстве РФ. 2019. Вып. № 54 (сент. 2019 г.). 24 с.
22. Об утверждении методологических указаний по расчету текущей рыночной стоимости жилых зданий в соответствии с требованиями системы национальных счетов: приказ Федер. службы гос. статистики от 22 авг. 2012 г. № 459. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-rosstata-ot-22082012-n-459-ob/prikaz/> (дата обращения: 25.12.2021).
23. Наназашвили И.Х. Расчет расхода строительных материалов при индивидуальном строительстве. М.: Стройиздат, 1996. 192 с.
24. Ковалев Р.Н., Побединский В.В., Кручинин И.Н. Междисциплинарный подход к вопросу о «живой» экономике и устойчивом развитии // Фундаментальные исследования. 2020. № 3. С. 136-141.

References

1. Medvedev N.A. Scientific foundations of the placement of timber enterprises // Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2010. № 2. P. 40-45.
2. Krupko A.M. Research on ways to improve the efficiency of forest road transport // Engineering journal of Don. E-journal. 2012. № 3. P. 362-370.
3. Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation for the period up to 2020. M.: Minsel'hoz Rossii, 2008. 76 p.
4. On approval of the strategy for the development of the forest complex of the Krasnoyarsk Territory until 2030. URL: <http://mlx.krskstate.ru/dat/File/57/dokumenty/Proekt%20Strategii.pdf> (data obrashcheniya: 21.12.2021).
5. Karjalainen T., Leinonen T., Gerasimov Y., Husso M., Karvinen S. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia - Final report of the research project. Metlan työraportteja // Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 110. 2009. 151 p.
6. Krumov T. Determination of the optimal density of the forest road network. J. For. Sci., 65: P. 438-444.
7. Winkler N. Stand der Walderschließung in Österreich. URL: <https://bfw.ac.at/inst7/publ/oeffz12-97/winkler.html> (data obrashcheniya: 02.12.2021).
8. Majid Lotfalian, Yahya Kooch, Nosratollah Sarikhani. Effective Factors in Determination Optimal Density of Forest Road Network // Asian Journal of Scientific Research. 2008. № 1. P. 470-475.
9. Hayati E., Majnounian B., Abdi E. Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. iForest. 2012. 5. P. 121-125.
10. Kirby M., Hager W., Wong W. Simultaneous planning of woodland management and transportation alternatives. TIMS Studies in the Management Sciences 21. 1986. P. 371-387.
11. Strategy for the development of the Arctic Zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035: utverzhdena Ukazom Prezidenta RF № 645 ot 26

- okt. 2020 g. URL: <http://kremlin.ru/acts/news/64274>. (data obrashcheniya: 23.12.2021).
12. Forest cover of the territory of the Russian Federation EMISS. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/37848#> (data obrashcheniya: 25.12.2021).
 13. Smertin N.V., Dolmatov S.N. The dynamics of the population of Asian Russia and the trend of spatial development of the region // Bajkal - vorota v Aziyu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf., posvyashch. Godu nauki i tekhnologij v Ros. Federacii i 30-letiyu Bajkal'skogo in-ta prirodopol'zovaniya SO RAN (3-6 iyunya 2021 g.). Ulan-Ude, 2021. P. 48-51.
 14. Bulletin on the current trends of the Russian economy No. 53. Cargo transportation in Russia: overview of current statistics. M: Analiticheskij centr pri pravitel'stve RF, 2019. 28 p.
 15. Kovaleva E.V., Kris'ko A.S., Dolmatov S.N. Development of railway transport as the basis for intensive industrial development of remote territories of the SFD and Far Eastern Federal District // Molodye uchenye v reshenii aktual'nyh problem nauki: sb. materialov Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh (19 maya 2017 g.). Krasnoyarsk, 2017. P. 234-237.
 16. Krivko E.V. Methodological bases for determining the optimal method of transportation of petroleum products during the development of new fields // The Eurasian Scientific Journal. 2020. V. 12. № 4. P. 46.
 17. SP 37.13330.2012. Industrial transport. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.05.07-91. Vved. 01.01.2013. FAU FCS, 2013. 195 p.
 18. Sarkiev V.M. Economic justification of the choice of the mode of transport in oil logistics operations // Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2010. № 3. P. 179-186.
 19. ODM 218.4.023-2015. Methodological recommendations for evaluating the effectiveness of construction, reconstruction, and overhaul of highways. M.: Rosavtodor, 2014. 180 p.
 20. Posobie k SNiP 2.05.07-85. A manual for determining the enlarged technical and economic indicators of the cost of construction for comparing options and choosing types of industrial transport. Vved. 28.03.1986. PromtransNIIproekt Gostroya SSSR, 1985. 56 p.
 21. Dynamics of individual housing construction // Byulleten' o tekushchih tendenciyah ros. ekonomiki. M: Analiticheskij centr pri pravitel'stve RF. 2019. Vyp. № 54 (sent. 2019 g.). 24 p.
 22. On approval of methodological guidelines for calculating the current market value of residential buildings in accordance with the requirements of the System of national Accounts: prikaz Feder. sluzhby gos. statistiki ot 22 avg. 2012 g. № 459. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-rosstata-ot-22082012-n-459-ob/prikaz/> (data obrashcheniya: 25.12.2021).
 23. Nanazashvili I.H. Calculation of the consumption of building materials in individual construction. M.: Strojizdat, 1996. 192 p.
 24. Kovalev R.N., Pobedinskij V.V., Kruchinin I.N. Interdisciplinary approach to the issue of the "living" economy and sustainable development // Fundamental research. 2020. № 3. P. 136-141.