

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

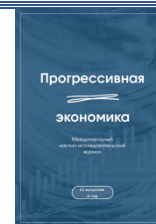
№ 2 / 2026 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/klasterizacziya-sovremennyh-issledovaniy-v-oblasti-razvitiya-lesnoj-transportnoj-infrastruktury/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3

УДК 332.14

DOI: 10.54861/27131211_2026_2_202



КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Скоморохов И.А., аспирант, Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
163002, Россия, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3189-2651>
e-mail: Skom.vanua@yandex.ru

Степанова В.В., доктор экономических наук, Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
163002, Россия, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5385-6636>

Аннотация. Исследование посвящено обзору научных публикаций в области функционирования и развития лесной транспортной инфраструктуры. Рассмотрены статьи, размещенные в системе Scopus авторами из Российской Федерации, США, Европы, Новой Зеландии и Китая. В основе анализа выборки из 40 публикаций применены методы обобщения, декомпозиции, систематизации и инкорпорации обрабатываемой информации. Актуальность исследования связана с появлением дополнительных рисков в функционировании инфраструктуры вследствие изменения климата, отклика экономической среды на внедрение в ряде стран «углеродного» налога, влияния современной цифровизации (в том числе, применение географических информационных систем), устойчивости цепочек поставок в условиях влияния санкций. Цель настоящего исследования - оценка комплексности, методологического разнообразия, уровня охвата исследователями общемировых проблем, а также специфики их проявления, в контексте обследования транспортной лесной инфраструктуры, на основе построения кластерной логической структуры направлений научной мысли. Анализ степени изученности тематики, связанной с лесной инфраструктурой, предопределяет практическую значимость работы. Авторские заделы в применении ГИС-анализа, математическом моделировании (линейном программировании и Марковскими цепями), эмпирическими исследованиями и экономическим анализом, позволяют прогнозировать стратегические приоритеты в научных исследованиях, предопределяют тезисы и стратегию предстоящих исследований по данной теме. Более того, кластерная систематизация научных изысканий способствует



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

прогнозированию дальнейших направлений в изучении обозначенной темы; позволяет выявлять новые, ранее не рассматриваемые темы работ.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, транспортная инфраструктура, экономический анализ, кластеризация.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Скоморохов И.А., Степанова В.В. Кластеризация современных исследований в области развития лесной транспортной инфраструктуры // Прогрессивная экономика. 2026. № 2. С. 202–224. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_2_202.

Статья поступила в редакцию: 18.01.2026 г. Одобрена после рецензирования: 20.02.2026 г. Принята к публикации: 21.02.2026 г.

CLUSTERING OF MODERN RESEARCH IN THE FIELD OF FOREST TRANSPORT EMPLOYMENT DEVELOPMENT

Skomorokhov I.A., *Postgraduate Student, Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia*
163002, Russia, Arkhangelsk, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3189-2651>
e-mail: Skom.vanua@yandex.ru

Stepanova V.V., *Doctor of Economics, Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia*
163002, Russia, Arkhangelsk, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5385-6636>

Abstract. The research is devoted to a review of scientific publications in the field of functioning and development of forest transport infrastructure. Articles indexed in the Scopus system by authors from the Russian Federation, the USA, Europe, New Zealand, and China are considered. The analysis of a sample of 40 publications is based on the methods of generalization, decomposition, systematization, and incorporation of the processed information. The relevance of the study is related to the emergence of additional risks in the functioning of the infrastructure due to climate change, the response of the economic environment to the introduction of a "carbon" tax in a number of countries, the impact of modern digitalization (including the use of geographic information systems), and the stability of supply chains under the influence of sanctions. The purpose of this study is to assess the comprehensiveness, methodological diversity, the extent to which researchers cover global problems, as well as the specifics of their manifestation, in the context of surveying forest transport infrastructure, based on constructing a cluster logical structure of scientific thought directions. An analysis of the degree of knowledge on topics related to forest infrastructure determines the practical significance of the work. The author's background in applying GIS analysis, mathematical modeling (linear programming and Markov chains), empirical research, and economic analysis makes it possible to forecast strategic priorities in scientific research and determines the theses and strategy for future research on this topic.

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Moreover, the cluster systematization of scientific research contributes to forecasting further directions in the study of the identified topic and makes it possible to identify new, previously unconsidered topics for research.

Keywords: timber industry complex, transport infrastructure, economic analysis, clustering.

JEL classification: Q20, Q 23, R58.

Conflict of interest. The authors declares that there is no conflict of interest.

For citation: Skomorokhov I.A., Stepanova V.V. (2026). Klasterizatsiya sovremennykh issledovaniy v oblasti razvitiya lesnoi transportnoi infrastruktury [Clustering of modern research in the field of forest transport employment development] // Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy], 2, 202–224. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_2_202 (In Russ., abstract in Eng.)

The article was submitted to the editorial office: 18/01/2026. Approved after review: 20/02/2026. Accepted for publication: 21/02/2026.

Введение

Конкурентоспособность и устойчивость хозяйственной деятельности лесопромышленного комплекса неотъемлемо связана с внедрением предложений, способствующих оптимизации производства. В настоящее время, посредством сети «интернет» значительно упрощена доступность публикаций, позволяющих выполнять обзор передовых нововведений лесной отрасли по всему миру. Расширение кругозора авторами по схожим научным исследованиям предвосхищает систематизацию тематических разделов с присвоением, соответствующих подзаголовков.

Новые разработки в исследуемой сфере и новые тенденции в развитии существующей парадигмы позволяют принимать обновленное, более эффективное решение в управлении экономической деятельностью лесопромышленного комплекса. Подобное рассмотрение отечественных и зарубежных авторских разработок, изучение методов и практик мирового лесопользования, позволяет использовать полученные знания, инновации и передовой опыт для совершенствования стратегии отечественной отрасли, а учитывая пробелы и недостатки в собственном хозяйствовании, предлагать научно обоснованные предложения. Более того, современные цифровые инструменты также меняют характер деятельности во всех секторах лесной промышленности: в основном производстве, в вспомогательном и обслуживающем секторах. На основании изложенного возникает актуальность в обзоре статей, опубликованных за последние десятилетия авторами из Российской Федерации и зарубежных стран, на тему «транспортной инфраструктуры лесной промышленности», с последующим изучением, систематизацией и выводами. Настоящее исследование сопровождается графическим изображением результатов и прогнозированием направленности вектора предстоящих разработок.



Обзор литературы

Рассмотрение литературы представляется справедливым начать с широко обсуждаемой общественностью темы неблагоприятного воздействия промышленных лесозаготовок на природную среду, с темы климатической устойчивости территорий. Так авторами Разбарихсисахт С., Лабелль Э.Р., Лебель Л. и др. в статье «управление сетью лесных дорог в условиях меняющегося климата» анализируются 20-летние наблюдения за состоянием лесной инфраструктуры, исследуется влияние изменения климата на состояние дорог, что важно для эффективного управления и обеспечения надежности поставок древесины. С целью обеспечения устойчивости лесной инфраструктуры авторами разрабатываются основы стратегии адаптации и смягчения последствий от влияния климатических факторов. Анализ последствий изменения климата: усиление эрозии полотна дорог, деформация полотна и сокращение периодов их замерзания в течении года подвигают авторов предложить конкретные меры к адаптивному управлению лесными дорогами нивелируя воздействие изменения климата на лесную инфраструктуру [1].

С позиций экологии экономическую оптимальность сети лесных изучают С. Тампекис, Ф. Самара, С. Сакелариус и др. Авторами выявлено, что устойчивое лесопользование может быть достигнуто лишь на основе экологической и экономически эффективной транспортной инфраструктуры, и это будет содействовать многогранному использованию лесных ресурсов. Авторами, на основе линейных уравнений, выполнен расчет экономически оптимальной плотности лесных дорог и их оптимальной экологичности. Анализ исследований представлен с использованием географических информационных систем (ГИС). Разработанная в данном исследовании методика рекомендуется авторами для наиболее экологичного и экономически выгодного выбора при проектировании сети лесных транспортных дорог [2].

Тот же С. Тампекис, в своей последующей статье, проводит более углубленное исследование оптимизации сетей лесных дорог, используя моделирование методом Марковских цепей Монте-Карло. Применяя для пространственного анализа ГИС, а для экономических расчетов метод дисконтированных денежных потоков, автор объединяет финансовую и экологическую стороны исследуемой темы, и, обеспечивает таким образом баланс между экономическими, экологическими и социальными целями [3].

Китайские экологи Т. Чжоу, С. Ло, Ю. Хоу и др. исследуют влияние ширины дорожного покрытия на изменения лесной растительности и состояние почвы. Исследования шести лесных массивов в различных китайских провинциях указывают на различное воздействие лесных дорог разной ширины на экологию: более широкие дороги и прилегающие к ним поляны негативно влияют на окружающую среду в то время, как узкие дороги причиняют лесу лишь незначительный урон. По мнению Т. Чжоу, С. Ло и Ю.

Хоу, наличие узких по ширине лесных дорог вполне совместимо с сохранением лесов [4].

В статье греческих авторов Г. Колкоса, А. Стергиаду и А. Кантарциса исследуется многокритериальная оценка воздействия сети лесных дорог на окружающую среду и, одновременно, исследуется способность окружающей среды нивелировать это воздействие. Основанная на пространственном подходе с использованием ГИС, многокритериальная оценка учитывает различные факторы, методы лесного хозяйствования, топографию, социальную сферу и отмечает существенное воздействие лесных дорог на окружающую среду. Авторами предлагается применять разрабатываемые методы оценки при строительстве новых дорог, тем самым повышая экологическую безопасность окружающей среды [5].

Оценке качества сети лесных дорог, их оптимизации с целью уменьшения негативного воздействия на окружающую среду посвящены работы Э. Хаяти, Б. Маджиуниан, Э. Абди. Принимая транспортировку древесины за наиболее дорогостоящую и разрушительную операцию лесозаготовки, авторы определяют оптимальную плотность сети дорог с учетом затрат на трелевку, затрат на строительство и обслуживание дорог. Результатом является вычисление коэффициента эффективности сети транспортных лесных дорог, как индикатора минимизации общих затрат и негативного воздействия дорог на окружающую среду [6]. Системно к оценке лесных ресурсов региона подходит С. Пунцукова, работа которой содержит анализ методов оценки экологических, экономических, ассимиляционных функций лесной экосистемы, расчеты определения величины издержек по устранению негативного воздействия на лесную среду в процессе лесозаготовок. Исследования автора статьи позволяют обосновать механизм компенсации экологически безопасного лесопользования [7].

Тема взаимосвязей между развитием лесной отрасли и мерами по снижению негативного воздействия на лесную среду при лесозаготовках рассматривается еще в одной статье автора С. Пунцуковой. Актуальность данной темы обусловлена недостаточной изученностью оценки ассимиляционной услуги лесного капитала. Предложенный автором методологический подход предполагает оценку стоимости ассимиляционной услуги рассматривать, как совокупность экологических издержек и предотвращенного ущерба благодаря мерам для сохранения лесов. Опубликованные исследования показали, что применение экологически безопасной вырубki удорожает лесозаготовку, однако, одновременно, снижает затраты на лесовосстановление. Данные исследования важны для выработки механизма координации деятельности лесной отрасли с деятельностью служб лесной природоохраны [8].

Последствия неумеренной, научно не обоснованной промышленной лесозаготовки способны нарушить климатическую устойчивость значительных территорий, делая земли обезвоженными, уязвимыми к

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

аномальной жары, лесным пожарам и проч. Авторы из США: Дж. Талберт и Э. Карлсон исследуют возможность смягчить климатические последствия, вводя налог на углерод в лесных массивах и программу вознаграждения за его использование. Рассматривая различия между естественным и промышленным углеродным циклом лесов, анализируя денежные потоки для оценки воздействия на лесных инвесторов, авторы считают программу налога на углерод осуществимой и способной финансово поддержать климатически устойчивое лесопользование, обеспечивающие ритмичные поставки древесины [9].

Помимо темы сохранности леса как экологической системы, бережного отношения к лесу, многими авторами исследуется экономическая тема лесной деятельности. Так совместным анализом вариантов заготовки древесины и маршрутов транспортировки заняты авторы из Швейцарии М. Фрэфель, Л.Г. Бонт и К. Фишер. На основании разработанных авторами карт наиболее подходящего метода заготовки и затрат на заготовку и транспортировку, составляется карта пригодности лесов, которая помогает определить лесные участки, где заготовка древесины экономически целесообразна. Результаты данных исследований могут быть полезны при планировании и управлении дорожной сетью [10].

Авторы из Португалии М. Москита, С. Маркес, М. Марто, М. Константино, а также Дж.Г. Боркес в целях интеграции проектирования и планирования транспортного обслуживания сети лесных дорог оптимизируют подход предлагая свою модель программирования и используемый алгоритм. Основной направленностью предлагаемой модели является минимизация суммарных затрат на строительство и обслуживание дорог, погрузку древесины и ее транспортировку [11]. В.В. Никитин и соавторы, учитывая сложность выбора критерия оптимальности при проектировании лесотранспортной инфраструктуры, предлагает методологию, учитывающую природные, технологические и экономические факторы. Также, при построении дорожной сети, автором рекомендуется использование интеллектуальных информационных систем, позволяющих достичь экономически оптимальный вариант дорожной сети [12].

В статье авторов Н. Надерализаде, К.А. Кроу в целях снижения стоимости строительства дорожной сети, рассматривается разработка интеграционной модели планирования заготовки древесины. Использование инноваций для этой модели позволяет снизить общие затраты на строительство дорожной сети и транспортировку древесины [13].

Шведские авторы Лейф Олссон и Питер Лохмандер исследовали проблемы транспортировки круглого леса по гравийным дорогам. Авторы разрабатывают математическую модель, позволяющую одновременно оптимизировать транспортировку леса и инвестиции в строительство гравийных дорог. Имеемые в разработках модели «приближение близкое к оптимальному» авторами связываются с небольшим масштабом исследуемой



территории [14]. Исследователь из Республики Коми Харионовская, анализирует состояние местных лесных ресурсов с позиции устойчивого развития лесной отрасли. Предложенная автором методология основана на отечественном и зарубежном опыте. А предлагаемая автором новая система показателей адаптирована к условиям Республики Коми, включая пространственные данные. В данной работе сгруппированы лесные округа с описанием состояния лесов каждой группы и их перспектив, также для каждой группы даны рекомендации в отношении организации устойчивого лесопользования. Результаты исследования, как основа методологии, возможно использовать для оценки лесных ресурсов других регионов Российской Федерации [15].

В статье А.И. Пыжева предложена детализированная по блокам модель лесного комплекса. Автор рассматривает лесной комплекс, как источник полного спектра лесозащитных услуг и, в контексте решения актуальных для российской экономики задач декарбонизации, как новый лесоклиматический сектор, способный дать импульс развитию лесной отрасли [16]. В статье М.А. Шишелова, на основе расчета индекса добавленной стоимости, оценивается эффективность лесной промышленности Республики Коми. Автором проведены отраслевые сравнения, проанализированы структура и динамика индекса, выявлена определяющая экономическую эффективность специфика предприятия [17].

Ряд авторских работ содержит разработки, связанные с неблагоприятным внешним воздействием на деятельность лесопромышленных предприятий. А.Е. Акай, М.Г. Винг, Ф. Сиврикая и др. разработали и протестировали систему поддержки принятия решений, позволяющую выделить наиболее короткий и надежный путь от штаба пожарной службы к лесному пожару. Разработка авторов, основой которой послужила ГИС, направлена повысить уровень реагирования на лесные пожары, повысить пожарную безопасность лесов. В частности, тестированием выявлено недостаточное количество штабов пожарной охраны в исследуемом регионе и недостаток подъездных дорог к штабам [18].

Адаптация лесного комплекса республики Коми к внешним санкциям в неблагоприятные 2022-2023 годы анализируется авторами М.А. Шишеловым и М.М. Стыровым. В статье представлены динамика эффективности предприятий, изменения в ассортименте продукции; путем опроса специалистов выявлено влияние санкций на промышленный комплекс. Авторы отмечают негативные последствия санкций: потеря внешних рынков, сложности с импортными поставками и проч., предлагая, в перспективе, задуматься о пересмотре экономической парадигмы [19].

Обеспокоенные растущим негативным влиянием на лесную среду по мере увеличения плотности сети лесных дорог, А.Е. Акай, О. Эрдос, М. Рейс и А. Юксель провели оценку количества наносов, выносимых сетью дорог в водоемы. Исследуемая в данной работе модель SEDMODL, основой которой



служат эмпирические зависимости между факторами эрозии дорог, а инструменты ГИС используются для топографических данных, позволяет определить участки дорог с высоким уровнем наносов, что важно при проектировании оптимальной трассировки дорог и для функционирования дорожных служб [20]. И. Папа, Т. Пентек, К. Лепоглавец, Х. Невечерель, Т. Поршинский и Ж. Томашич рассматривают лесную дорогу как инженерное сооружение, требующее своевременного технического обслуживания, что обеспечивает проходимость дорог и продлевает срок их службы. Качественное техническое обслуживание снижает аварийность транспорта, затраты на ремонт, а также, делает дорогу безопасной для участников движения. Авторами отмечается важность знания текущего дорожного состояния инфраструктуры для оптимального технического обслуживания сети лесных дорог [21].

Анализ транспортных нагрузок на лесные дорожные сети выполнялся С. Григолато и соавторами, которыми в течении 21-летнего периода производились наблюдения, которые показали изменчивость интенсивности и распределения транспортных нагрузок в зависимости от местоположения и интенсивности лесозаготовок. Исследования, с использованием ГИС-технологий, позволяют выявить высоконагруженные участки лесных дорог с целью принятия решения по приоритетам управления дорожными сетями [22].

Т. Крумов, на базе государственного опытного лесхоза «Георгий Аврамов», исследует оптимальные плотность лесных дорог и расстояние до места лесозаготовок. Производимые автором расчеты показывают превышение в несколько раз среднюю по стране плотность дорог на исследуемой территории, но и она не достигает оптимального уровня. Выполненные исследования востребованы при строительстве и обслуживании лесной дорожной сети [23]. Польские авторы В. Давид и К. Поконечны исследуют эффективность различных источников пространственных данных. Для оценки их производительности были протестированы два широко используемых алгоритма поиска пути. Различие полученных результатов подчеркивает важность качества данных и выбора алгоритма для эффективного планирования лесных маршрутов [24]. Итальянские авторы Р. Кавалли и С. Григолато исследуют влияние характеристик и протяженности сети лесных дорог на стоимость поставок древесной продукции рассматривая, посредством преобразования лесной дорожной сети, три возможных сценария доставки [25].

Ф. Латтерини, Н. Камаретти и соавторы с целью минимизации нарушения почвы тяжелой техникой, проводили исследования в местах лесопользования с использованием карт проходимости почвы. Авторами производились замеры влажности, объемной плотности почвы, глубины колеи и проч., которые выявили не полную достоверность прежних карт, составленных на основе индекса глубины залегания воды (DTW). Авторами

предлагается дальнейшее совершенствование модели, что позволит повысить применимость карт проходимости в лесозаготовительной деятельности [26].

В статье С.А. Хаджегурова анализируется ход реализации инвестиционной политики лесной отрасли в Красноярском крае. Отмечается низкая инвестиционная активность бизнеса, обусловленная рядом причин: слабое внедрение новых технологий, отток квалифицированных трудовых ресурсов, нарушение схем производства вследствие санкций и проч. Автор показывает основные проблемы лесной отрасли края: недобросовестность частных инвесторов и высокая доля незаконной рубки, реализованные не в полном объеме проекты и недостаточный уровень контроля государством за осуществлением проектов. Для поддержки лесопромышленного комплекса, указывает автор, необходимо разработать эффективный механизм контроля за предпринимательской деятельностью в лесной отрасли [27].

В своей следующей работе С.А. Хаджегуров проводит анализ технического состояния обрабатывающего производства в Красноярском крае, где степень износа оборудования и машин находится на уровне 52%. Учитывая рассмотренные показатели, автор делает вывод о недостаточной эффективности и неспособности лесопромышленного комплекса обеспечить устойчивое лесопользование и предлагает технологическую модернизацию лесной отрасли на примере конкретной инновационной технологии с учетом региональных условий [28].

О влиянии логистической координации на устойчивость цепей поставок указывает в своей статье О.М. Дюкова. По мнению автора, согласованное взаимодействие всех участников цепи поставок, являясь основным элементом устойчивости, а, также, внедрение информационных технологий для обмена информацией между участниками цепи, позволят снизить риски в цепях поставок, повышая устойчивость к воздействиям внешней среды [29].

В условиях цифровой трансформации экономики инновации внедряются и в транспортную сферу народного хозяйства. Так, при рассмотрении основ организации транспортной инфраструктуры, в статье К.Б. Малышевой анализируются преимущества и недостатки двух подходов к выбору организации транспортно-логической системы территории. Отмечается, что с глобализацией экономики, цифровизацией, на смену аналоговым методам и инструментам производственной кооперации транспортных предприятий и других участников рынка, приходит новая форма организации – цифровая транспортно-логистическая экосистема [30].

Исследования детерминант эффективности использования древесных ресурсов представлены в работе А.М. Бурмистровой и И.С. Зиновьевой. Систематизируя исследуемые детерминанты, авторы определяют направления их дальнейшего изучения в целях поиска баланса противоречий между активным использованием лесных ресурсов и устойчивым лесопользованием [31]. С.И. Долматов и Я.С. Макунина исследуют влияние протяженности и плотности лесных дорог на эффективность лесной отрасли и



горимость лесов в регионах края. В статье отмечаются недостаточно эффективное использование лесного потенциала, низкая эффективность лесозаготовительных предприятий, высокая горимость и гибель лесов от поражения вредителями. Крайне недостаточное развитие транспортной инфраструктуры, низкая плотность дорожной сети, малодоступность значительных территорий снижают эффективность освоения лесных ресурсов. Обеспечение плотности дорог, транспортной доступности лесосырьевых баз, доступа к удаленным лесным массивам является важным направлением в реализации приоритетных инвестиционных проектов в сфере лесопользования [32].

Авторами из Хорватии анализировались причины превышения объемов заготовки древесины, относительно предусмотренных планом. Основной причиной явились неучтенные, при планировании объемов заготовок, климатические экстремальные явления (высокие температуры воздуха, засуха), повлекшие массовое отмирание деревьев с последующей, необходимой для восстановления лесных массивов, санитарной рубкой. В статье предлагается при планировании объемов заготовки древесины учитывать не только объем вынужденной, санитарной рубки, но и расстояние до мест вырубок [33].

При помощи компьютерных моделей Пияли Кумар исследует влияние климатических и неклиматических факторов на экономику, учитывая в расчетах инвестиции, индексы капитала, информационно-коммуникационные технологии. Выборка из 56 выбранных стран показала более высокую уязвимость к повышению температур стран с высоким уровнем дохода. Также исследования показали благоприятность осадков для экономики стран до определенного порога осадков, за которым экономика имеет тенденцию снижения. Исследования автора ценны при разработке правительствами стратегии смягчения последствий изменения климата [34].

А.Д. Хозбен, Т. Штерн и Льорет Ф., в результате выявленных несоответствий между управлением лесами и деятельностью перерабатывающего производства, в части восприятия инновационной стратегии и факторов повышения устойчивости производственных цепочек, рекомендуют повышение уровня осведомленности в сфере инноваций посредством участия в инновационных мероприятиях; авторами также предлагается участие в совместной разработке инновационной стратегии промышленного комплекса по всей цепочке создания стоимости [35].

Австрийские авторы Т. Бойгер, А. Брудерманн, Р. Асада и др. изучают влияние изменения климата на состояние лесного покрова, который, в свою очередь, влияет на цепочку создания стоимости древесины. Используя модель системной динамики лесного сектора, авторы определили момент проявления негативных последствий для лесопромышленности и, соответственно, для рынка. Адаптация к изменению климата, подготовленность лесопользователей к угрозам засух, нашествию вредителей и проч., позволяет минимизировать



потери и, этим, избежать значительных нарушений лесохозяйственной деятельности [36].

Э.З. Баскент, Дж.Г. Борхес и Дж. Кашпар, отмечая появление новых алгоритмов и точных методов в пространственном планировании лесопользования, указывают и на широко используемые эвристические методы и решения, особенно в сфере экосистемных услуг: озеленение, обитание диких животных, топливные услуги и проч. Высказывая сомнения в качестве эвристических решений, авторы определяют важной задачей поиск оптимального сочетания точных методов моделирования и эвристических решений, также отмечая в пространственно-ориентированном планировании потенциальную значимость искусственного интеллекта в разработках [37].

С целью социально-рекреационного использования лесов, А.Авила-Каллау, М. Эрдосайн, Э.И. Фариас-Торбидони и соавторы исследуют возможность соединить управляемые в социальных целях лесные массивы с официальными тропами. Применяя ГИС, авторы определяют маршрут, оценивают жизнеспособность, социальную доступность и потенциал гомологизации маршрута. Предлагаемая авторами методология, сочетая планирование лесных ресурсов с проектированием троп, содействует эффективности социального использования лесов [38]. Работа С. Чжэн, Дж. Чен и З. Цзоу связана с острой проблемой исчезновения леса на территориях, прилегающих к дорогам в тропических регионах. Используя данные глобальных высокоточных карт, авторы вычислили потери лесов, в километровой зоне от дорог. Данные исследования подчеркивают острую необходимость защиты и восстановления утраченных лесов [39].

Гонсалес-Сапатеро, Хавьер Гонсалес-Бенито, Сон Бьюнг-Гак, Густаво Ланнелонг, произведя анализ в цепочке поставок на базе выборок из 213 испанских предприятий, выявили взаимосвязь между организацией структурных элементов цепи поставок и снижением рисков. Данное исследование учитывает организационную структуру как дополнительный инструмент управления рисками в цепочке поставок [40].

Материалы и методы

Обзор выполнен по статьям, опубликованным в источниках свободного доступа библиотеки Scopus ведущих европейских журналов. Методы исследования основаны на обобщении, декомпозиции, систематизации, инкорпорации, а также логической группировке обрабатываемой информации с кластеризацией тематических разделов.

Результаты и обсуждение

Вопросам транспортной инфраструктуры лесной отрасли посвящены работы многих авторов и в России, и за рубежом. Выполненные в данной статье исследование основано на изучении выборки из 40 работ представленных, помимо отечественных, авторами более 10-ти зарубежных стран. Следует отметить нарастающую количественную динамику



публикаций: так в 2024-2025 гг. количество опубликованных статей более чем двукратно превысило уровень предыдущего десятилетия (рисунок 1).

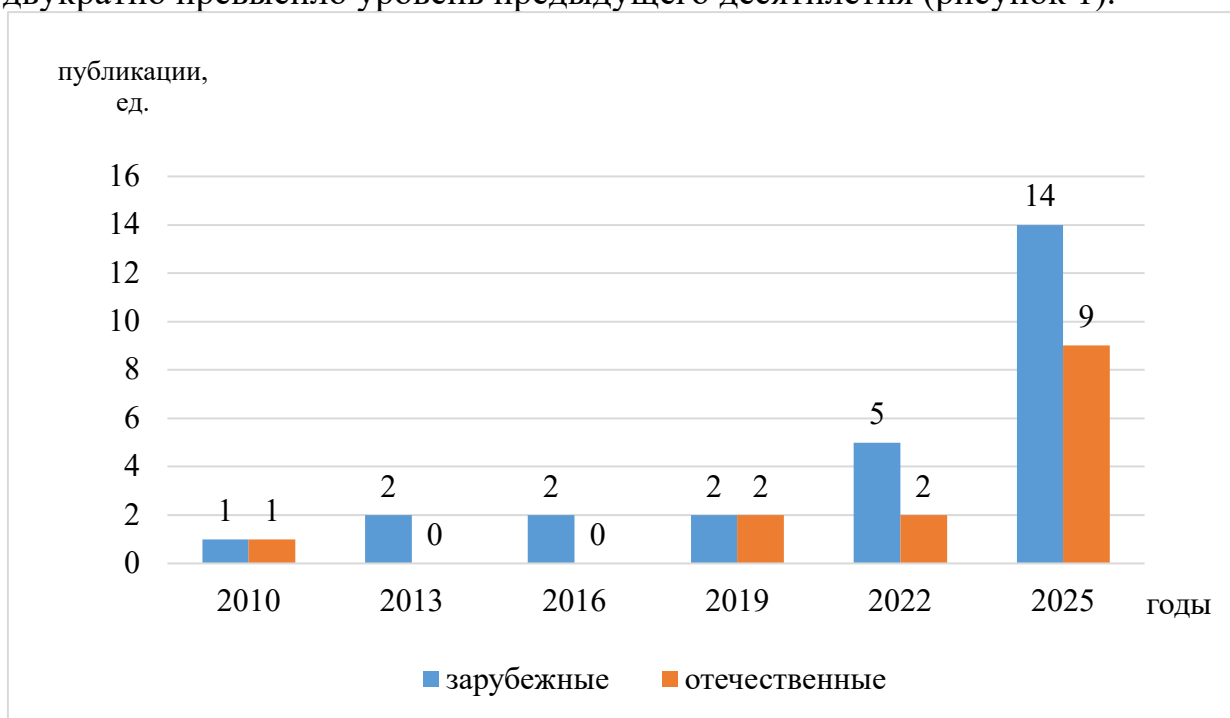


Рис. 1. Динамика публикаций по теме лесной транспортной инфраструктуры

Источник: составлено автором по данным [1–40]

Fig. 1. Dynamics of publications on forest transport infrastructure

Source: compiled by the author based on [1–40]

Разнообразие затрагиваемых тем работ предопределило кластеризацию статей на 5 подкластеров со схожей тематикой (таблица 1).

Таблица 1

Подкластеры исследований лесной транспортной инфраструктуры

Table 1

Subclusters of forest transport infrastructure research

№ п/п	Наименование подкластера	Ключевые темы
1	Экологическое воздействие инфраструктуры лесных дорог	Эрозия почв, влияние инфраструктуры на растительность и почву, оценка экономического ущерба окружающей среде, моделирование негативных последствий
2	Экономико-технологическая оптимизация лесной транспортной сети	Вычисление оптимальной плотности, сокращение затрат, моделирование маршрутов, выбор алгоритмов, интеграция планирования в менеджмент

3	Устойчивое лесопользование и оценка лесных ресурсов региона	Климатические факторы, оценка эффективности лесной отрасли, инвестиционная политика государства
4	Управление инновациями рисками в лесной отрасли	Обеспечение пожарной безопасности, стабилизация цепочек поставок леса, цифровизация экономики, влияние санкций, инновационные стратегии лесной отрасли.
5	Социальные аспекты лесной инфраструктуры	Оценка социальной доступности и туристический потенциал маршрута

Источник: составлено автором

Source: compiled by the author

Наиболее востребованы и изучаемы авторами оказались темы экологии и менеджмента лесопромышленного комплекса (рисунок 2). Тема экологии затронута в работах многогранно: кроме неблагоприятного влияния лесоразработок на окружающую среду, авторами многих стран высказывается беспокойство о сохранности лесов от пожаров, вредителей, от нарастающих климатических изменений. Здесь также следует отметить предпочтение зарубежными авторами темы экологии, в то же время тему менеджмента лесопромышленного комплекса предпочитали российские авторы. Тема планирования, управления, эффективности лесной отрасли авторами рассматривается с разных позиций: в исследованиях применяются различные методики, расчеты, оценки методов хозяйствования, но основным направлением выглядит инновационный подход, где на смену аналоговым методам приходит новая форма организации — цифровая логистическая экосистема, с применением цифровых геоинформационных систем и платформ. Значительная часть авторских работ содержит исследования отдельных элементов транспортной лесной сети. В данном подкластере исследуется влияние на устойчивость дорожной сети и на эффективность лесопромышленного комплекса таких элементов дорог, как плотность дорожной сети, протяженность дорог, ширина дорожного полотна и проч., что свидетельствует о разностороннем рассмотрении темы.

Необходимо отметить появление новых, ранее не затрагиваемых тем. Так А. Авила Каллау, М. Эрдосайн и Э.И. Фариас-Торбидони, своей работой содействуют социально-рекреационному использованию лесов (отдых в лесу). Авторы из России Шишелов М.А. и Стыров М.М. анализируют негативное влияние внешних санкций на экономику и предлагают задуматься о пересмотре экономической парадигмы.

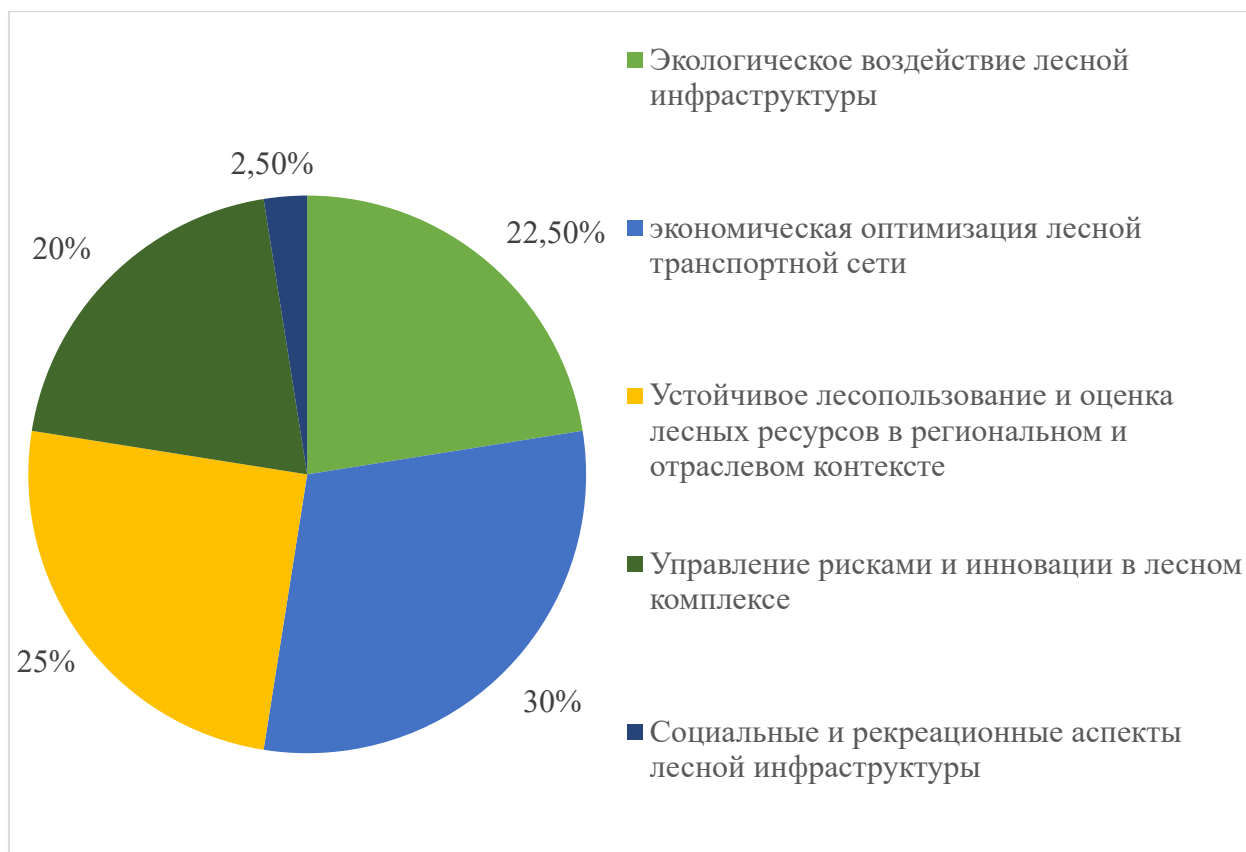


Рис. 2. Доля публикаций по тематическим разделам

Источник: составлено автором

Fig. 2. Share of publications by thematic sections

Source: compiled by the author

В своей научной статье И. Папа, Т. Пентек, К. Лепоглавец, Х. Невечерель, Т. Поршинский и Ж. Томашич указывают на важность своевременного технического обслуживания дорожной сети для устойчивости и безопасности поставок древесины. В. Давид и К. Поконечны, исследуя возможность определения маршрутов в лесных массивах, что облегчает управление в кризисных ситуациях, одновременно заявляют о важности своей работы «для военных операций». Подводя итоги обсуждения, нельзя не отметить малоизученность темы экологии отечественными авторами и недостаточный интерес исследователей к транспортной лесной инфраструктуре северных регионов Российской Федерации.

В целом, данное исследование позволяет сделать вывод о недостаточном изучении сектора транспортной лесной системы, обслуживающей малодоступные регионы Крайнего севера со слабо развитой транспортной инфраструктурой.

Заключение

В настоящей статье, на основании обзора публикаций российских и зарубежных авторов в официальных журналах, изучена и сгруппирована тематика авторских работ по теме: «транспортная инфраструктура лесной промышленности»; рассмотрены взгляды ведущих исследователей по схожим темам, выявлены их идентичность и различия, и, также, разнообразие точек зрения на проблему. Исследован приоритет тем, рассматриваемых российскими авторами и авторами зарубежных стран. В табличной форме, в порядке ранжирования по частоте упоминания, приведены обобщенные темы авторских статей. Выполнены диаграммы, демонстрирующие значимость тематики, исследуемой авторами статей, с отражением количественной динамики публикаций за последнее десятилетие. Отмечено появление в данной печатной сфере нехарактерной, ранее не появлявшейся тематики. Оценены тенденции нарастающего разнообразия тематики авторских работ, увеличение их количества, расширение круга небезразличных лесной теме стран.

Разнообразие тематики обзорных статей, различие точек зрения авторов публикаций отражают спектр проблем транспортной инфраструктуры разных регионов лесопользования, и создавая общее представление по рассматриваемой теме, позволяет сделать вывод о недостаточном рассмотрении узкого сектора функционирования транспортной лесной системы северных регионов. В этой связи, приоритетом будущих исследований может быть экономическое обоснование оптимального пространственного развития сети лесных дорог для условий Крайнего Севера и Арктической зоны Российской Федерации, в том числе с применением ГИС-анализа для достижения экономически оправданных приведенных затрат в данной области. Таким образом, представленные в настоящей статье результаты имеют практическую значимость в определении направления предстоящего изучения транспортной лесной инфраструктуры северных регионов Российской Федерации.

Литература

1. Rahbarisisakht S., Labelle E.R., LeBel L. et al. Managing forest road networks in the face of a changing climate: A conceptual framework based on a comprehensive review // Curr. For. Rep. 2025. Vol. 11. P. 19. <https://doi.org/10.1007/s40725-025-00250-y>.
2. Tampekis S., Samara F., Sakellariou S. et al. An eco-efficient and economical optimum evaluation technique for the forest road networks: The case of the mountainous forest of Metsovo, Greece // Environ Monit Assess. 2018. Vol. 190. P. 134. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6526-5>.
3. Shkuratova T.S., Grigorenko V.G., Andreeva I.P. et al. New derivatives of dipicolinic acid as metallo- β -lactamase NDM-1 inhibitors // Med Chem Res. 2025. Vol. 34. P. 219–227. <https://doi.org/10.1007/s00044-024-03330-z>.



4. Zhou T., Luo X., Hou Y. et al. Quantifying the effects of road width on roadside vegetation and soil conditions in forests // *Landscape Ecol.* 2020. Vol. 35. P. 69–81. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00930-8>.
5. Kolkos G., Stergiadou A., Kantartzis A. et al. Effects of forest roads and an assessment of their disturbance of the natural environment based on GIS spatial multi-criteria analysis: Case study of the University Forest of Taxiarchis, Chalkidiki, Greece // *Euro-Mediterr J Environ Integr.* 2023. Vol. 8. P. 425–440. <https://doi.org/10.1007/s41207-023-00362-6>.
6. Hayati E., Majnounian B., Abdi E. Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts // *iForest.* 2012. Vol. 5. P. 121–125. <https://doi.org/10.3832/ifor0610-009>.
7. Puntzukova S. An integrated approach to assessing the forest resource potential of the region // *Smart Technologies and Innovations in Design for Control of Technological Processes and Objects: Economy and Production. FarEastCon 2018* / ed. D. Solovev. Cham: Springer, 2019. (Smart Innovation, Systems and Technologies; Vol. 139). https://doi.org/10.1007/978-3-030-18553-4_2.
8. Puntzukova S.D. Analysis of the ecological and economic relationships in the forest complex on the basis of assessing the assimilation service of forest capital // *Geogr Nat Resour.* 2023. Vol. 44. P. 166–172. <https://doi.org/10.1134/S1875372823020117>.
9. Talberth J., Carlson E. Forest carbon tax and reward: Regulating greenhouse gas emissions from industrial logging and deforestation in the US // *Environ Dev Sustain.* 2025. Vol. 27. P. 14913–14934. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04523-7>.
10. Fraefel M., Bont L.G., Fischer C. Spatially explicit assessment of forest road suitability for timber extraction and hauling in Switzerland // *Eur J Forest Res.* 2021. Vol. 140. P. 1195–1209. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01393-w>.
11. Mesquita M., Marques S., Marques M. et al. An optimization approach to design forest road networks and plan timber transportation // *Oper Res Int J.* 2022. Vol. 22. P. 2973–3001. <https://doi.org/10.1007/s12351-021-00640-7>.
12. Nikitin V.V. et al. Development of mathematical models for optimizing the road network taking into account geographical and natural factors // *Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environmental Processes. PMMEEP 2022* / ed. V.I. Karev. Cham: Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25962-3_32.
13. Naderializadeh N., Crowe K.A. Formulating the integrated forest harvest-scheduling model to reduce the cost of the road-networks // *Oper Res Int J.* 2020. Vol. 20. P. 2283–2306. <https://doi.org/10.1007/s12351-018-0410-5>.
14. Olsson L., Lohmander P. Optimization of transportation of forest resources taking into account investments in road construction // *Forest Policy Econ.* 2005. Vol. 7. No. 3. P. 369–379. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2003.07.004>.

15. Kharionovskaya I.V. Assessment of forest resources as an element of sustainable forest management in the Komi Republic // *Reg Stud Russ*. 2021. Vol. 11. P. 129–137. <https://doi.org/10.1134/S207997052101007X>.
16. Pyzhev A.I. The forest industry of the regions of Siberia and the Far East: Prospects for the development of the forest-climatic sector // *Stud Russ Econ Dev*. 2022. Vol. 33. P. 403–408. <https://doi.org/10.1134/S1075700722040086>.
17. Shishelov M.A. Evaluation of the effectiveness of the timber industry complex based on the value added index (on the example of the Komi Republic) // *Stud Russ Econ Dev*. 2017. Vol. 28. P. 278–285. <https://doi.org/10.1134/S1075700717030133>.
18. Akay A.E., Wing M.G., Sivrikaya F. et al. GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to wildfires: A case study in the Mediterranean region of Turkey // *Environ Monit Assess*. 2012. Vol. 184. P. 1391–1407. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2049-z>.
19. Shishelov M.A., Styrov M.M. Adaptation of the Komi Republic forest complex to sanctions pressure // *Stud Russ Econ Dev*. 2024. Vol. 35. P. 745–752. <https://doi.org/10.1134/S107570072470028X>.
20. Akay A.E., Erdas O., Reis M., Yuksel A. Estimation of the amount of sediment carried out by a forest road network using a sediment forecasting model and GIS methods // *Sci Total Environ*. 2008. Vol. 43. Iss. 5. P. 687–695. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.047>.
21. Papa I., Piontek T., Lepoglavets K. et al. Methodology for developing a detailed primary register of forest road infrastructure as a basis for planning and optimizing maintenance of forest roads // *Šumarski List*. 2015. Vol. 139. P. 311–328.
22. Grigolato S., Pellegrini M., Cavalli R. Temporal analysis of traffic loads on forest road networks // *iForest*. 2013. Vol. 6. No. 5. P. 255–266. <https://doi.org/10.3832/ifor0773-006>.
23. Krumov T. Determination of the optimal density of the forest road network // *J Forest Sci*. 2019. Vol. 65. No. 11. P. 438–444. <https://doi.org/10.17221/101/2019-JFS>.
24. David V., Finally K. Assessment of the possibilities of planning forest routes using various spatial data sources: The example of the Mazowiecki region, Poland // *Forests*. 2025. Vol. 16. No. 1. Article 179. <https://doi.org/10.3390/f16010179>.
25. Cavalli R., Grigolato S. The influence of the characteristics and length of the forest road network on the cost of wood chips supplies // *J Forest Res*. 2010. Vol. 15. P. 202–209. <https://doi.org/10.1007/s10310-009-0170-4>.
26. Latterini F., Camarretta N., Janiszewska-Latterini D. et al. Soil permeability maps: A geospatial tool to reduce soil damage and support sustainable forest management in New Zealand // *Land Degrad Dev*. 2025. <https://doi.org/10.1002/ldr.70023>.

27. Хаджегуров С.А. Реализация инвестиционной политики лесной отрасли в Красноярском крае // Прогрессивная экономика. 2023. № 12. URL: https://progressive-economy.ru/vypusk_1.
28. Хаджегуров С.А. Влияние проведения модернизации лесоперерабатывающих предприятий на производительность лесной отрасли Красноярского края // Прогрессивная экономика. 2024. № 9. С. 91–103. https://doi.org/10.54861/27131211_2024_9_91.
29. Дюкова О.М., Ли Цзысюань. Влияние логистической координации на устойчивость цепей поставок // Прогрессивная экономика. 2025. № 7. С. 80–91. https://doi.org/10.54861/27131211_2025_7_80.
30. Малышева К.Б. Сравнительный анализ экосистемного и кластерного подхода организации транспортно-логистической системы территории // Прогрессивная экономика. 2024. № 9. С. 104–112. https://doi.org/10.54861/27131211_2024_9_104.
31. Burmistrov A.M., Zinovieva I.S. Determinants of increasing the efficiency of using woody forest resources // REGION: Systems, Economics, Management. 2024. No. 1 (64). P. 101–109. <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2024-64-101-109>.
32. Dolmatov S.N., Makunina Ya.S. Density of the forest road network as a factor of sustainable forest management on the example of forests of the Krasnoyarsk Territory // Bulletin of PSTU. Ser.: Forest Ecology, Forest Management. 2023. No. 3 (59). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2023.3.8>.
33. Đuka A., Bumber Z., Poršinsky T., Papa I., Pentek T. The Influence of Increased Salvage Felling on Forwarding Distance and the Removal—A Case Study from Croatia // Forests. 2021. Vol. 12. No. 1. Article 7. <https://doi.org/10.3390/f12010007>.
34. Kumar P. Studying the impact of climatic and non-climatic factors on the growth of economic sectors: Data on various groups of countries with different income levels // Regional Sustainability. 2025. Vol. 6. No. 5. Article 100261. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100261>.
35. Hoeben A.D., Stern T., Lloret F. An overview of potential innovation paths to enhance the sustainability of value chains in the woodworking industry // Curr. For. Rep. 2023. Vol. 9. P. 301–318. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00191-4>.
36. Boiger T., Brudermann A., Asada R. et al. When forest cover disturbances affect timber value chains: Modeling tipping points in roundwood markets // Mitig Adapt Strateg Glob Change. 2025. Vol. 30. P. 69. <https://doi.org/10.1007/s11027-025-10258-1>.
37. Baskent E.Z., Borges J.G., Kashpar J. An updated review of spatial planning of woodlands: Approaches, methods, problems and future directions // Curr. For. Rep. 2024. Vol. 10. P. 299–321. <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00222-8>.

38. Àvila Callau A., Erdozain M., Farías-Torbidoni E.I. et al. Linking forest planning and recreational trail design: A GIS approach for enhancing the social use of forests // *Environmental Management*. 2025. Vol. 75. P. 2150–2168. <https://doi.org/10.1007/s00267-025-02199-x>.
39. Zheng S., Chen J., Zou Z. et al. Tropical forest vigor expansion from 2001 to 2020 // *Commun Earth Environ*. 2025. Vol. 6. P. 218. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02158-8>.
40. De Clercq D., Brieger S.A., Welzel C. Leveraging the macro-level environment to balance work and life: An analysis of female entrepreneurs' job satisfaction // *Small Bus Econ*. 2021. Vol. 56. P. 1361–1384. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00287-x>.

References

1. Rahbarisisakht S., Labelle E.R., LeBel L., et al. Managing forest road networks in the face of a changing climate: A conceptual framework based on a comprehensive review. *Current Forestry Reports*. 2025;11:19. <https://doi.org/10.1007/s40725-025-00250-y>. (In Eng.).
2. Tampekis S., Samara F., Sakellariou S., et al. An eco-efficient and economical optimum evaluation technique for the forest road networks: The case of the mountainous forest of Metsovo, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2018;190:134. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6526-5>. (In Eng.).
3. Shkuratova T.S., Grigorenko V.G., Andreeva I.P., et al. New derivatives of dipicolinic acid as metallo- β -lactamase NDM-1 inhibitors. *Medicinal Chemistry Research*. 2025;34:219–227. <https://doi.org/10.1007/s00044-024-03330-z>. (In Eng.).
4. Zhou T., Luo X., Hou Y., et al. Quantifying the effects of road width on roadside vegetation and soil conditions in forests. *Landscape Ecology*. 2020;35:69–81. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00930-8>. (In Eng.).
5. Kolkos G., Stergiadou A., Kantartzis A., et al. Effects of forest roads and an assessment of their disturbance of the natural environment based on GIS spatial multi-criteria analysis: Case study of the University Forest of Taxiarchis, Chalkidiki, Greece. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*. 2023;8:425–440. <https://doi.org/10.1007/s41207-023-00362-6>. (In Eng.).
6. Hayati E., Majnounian B., Abdi E. Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. *iForest*. 2012;5:121–125. <https://doi.org/10.3832/ifor0610-009>. (In Eng.).
7. Puntzukova S. An integrated approach to assessing the forest resource potential of the region. In: Solovev D., ed. *Smart Technologies and Innovations in Design for Control of Technological Processes and Objects: Economy and Production*. FarEastCon 2018. Cham: Springer; 2019. (Smart Innovation, Systems and Technologies; Vol. 139). https://doi.org/10.1007/978-3-030-18553-4_2. (In Eng.).



8. Puntsukova S.D. Analysis of the ecological and economic relationships in the forest complex on the basis of assessing the assimilation service of forest capital. *Geography and Natural Resources*. 2023;44:166–172. <https://doi.org/10.1134/S1875372823020117>. (In Eng.).
9. Talberth J., Carlson E. Forest carbon tax and reward: Regulating greenhouse gas emissions from industrial logging and deforestation in the US. *Environment, Development and Sustainability*. 2025;27:14913–14934. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04523-7>. (In Eng.).
10. Fraefel M., Bont L.G., Fischer C. Spatially explicit assessment of forest road suitability for timber extraction and hauling in Switzerland. *European Journal of Forest Research*. 2021;140:1195–1209. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01393-w>. (In Eng.).
11. Mesquita M., Marques S., Marques M., et al. An optimization approach to design forest road networks and plan timber transportation. *Operations Research International Journal*. 2022;22:2973–3001. <https://doi.org/10.1007/s12351-021-00640-7>. (In Eng.).
12. Nikitin V.V., et al. Development of mathematical models for optimizing the road network taking into account geographical and natural factors. In: Karev V.I., ed. *Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environmental Processes*. PMMEEP 2022. Cham: Springer; 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25962-3_32. (In Eng.).
13. Naderializadeh N., Crowe K.A. Formulating the integrated forest harvest-scheduling model to reduce the cost of the road-networks. *Operations Research International Journal*. 2020;20:2283–2306. <https://doi.org/10.1007/s12351-018-0410-5>. (In Eng.).
14. Olsson L., Lohmander P. Optimization of transportation of forest resources taking into account investments in road construction. *Forest Policy and Economics*. 2005;7(3):369–379. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2003.07.004>. (In Eng.).
15. Kharionovskaya I.V. Assessment of forest resources as an element of sustainable forest management in the Komi Republic. *Regional Studies of Russia*. 2021;11:129–137. <https://doi.org/10.1134/S207997052101007X>. (In Eng.).
16. Pyzhev A.I. The forest industry of the regions of Siberia and the Far East: Prospects for the development of the forest-climatic sector. *Studies on Russian Economic Development*. 2022;33:403–408. <https://doi.org/10.1134/S1075700722040086>. (In Eng.).
17. Shishelov M.A. Evaluation of the effectiveness of the timber industry complex based on the value added index (on the example of the Komi Republic). *Studies on Russian Economic Development*. 2017;28:278–285. <https://doi.org/10.1134/S1075700717030133>. (In Eng.).
18. Akay A.E., Wing M.G., Sivrikaya F., et al. GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to wildfires: A case study in the

Mediterranean region of Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. 2012;184:1391–1407. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2049-z>. (In Eng.).

19. Shishelov M.A., Styrov M.M. Adaptation of the Komi Republic forest complex to sanctions pressure. Studies on Russian Economic Development. 2024;35:745–752. <https://doi.org/10.1134/S107570072470028X>. (In Eng.).

20. Akay A.E., Erdas O., Reis M., Yuksel A. Estimation of the amount of sediment carried out by a forest road network using a sediment forecasting model and GIS methods. Science of the Total Environment. 2008;43(5):687–695. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.047>. (In Eng.).

21. Papa I., Piontek T., Lepoglavets K., et al. Methodology for developing a detailed primary register of forest road infrastructure as a basis for planning and optimizing maintenance of forest roads. Šumarski List. 2015;139:311–328. (In Eng.).

22. Grigolato S., Pellegrini M., Cavalli R. Temporal analysis of traffic loads on forest road networks. iForest. 2013;6(5):255–266. <https://doi.org/10.3832/ifor0773-006>. (In Eng.).

23. Krumov T. Determination of the optimal density of the forest road network. Journal of Forest Science. 2019;65(11):438–444. <https://doi.org/10.17221/101/2019-JFS>. (In Eng.).

24. David V., Finally K. Assessment of the possibilities of planning forest routes using various spatial data sources: The example of the Mazowiecki region, Poland. Forests. 2025;16(1):179. <https://doi.org/10.3390/f16010179>. (In Eng.).

25. Cavalli R., Grigolato S. The influence of the characteristics and length of the forest road network on the cost of wood chips supplies. Journal of Forest Research. 2010;15:202–209. <https://doi.org/10.1007/s10310-009-0170-4>. (In Eng.).

26. Latterini F., Camarretta N., Janiszewska-Latterini D., et al. Soil permeability maps: A geospatial tool to reduce soil damage and support sustainable forest management in New Zealand. Land Degradation & Development. 2025. <https://doi.org/10.1002/ldr.70023>. (In Eng.).

27. Khadzhegurov S.A. Realizatsiya investitsionnoi politiki lesnoi otrasli v Krasnoyarskom krae [Implementation of Investment Policy in the Forest Industry of Krasnoyarsk Krai]. Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy]. 2023;(12). Available at: https://progressive-economy.ru/vypusk_1 (accessed 05.01.2026). (In Russ., abstract in Eng.).

28. Khadzhegurov S.A. Vliyanie provedeniya modernizatsii lesopererabatyvayushchikh predpriyatii na proizvoditel'nost' lesnoi otrasli Krasnoyarskogo kraya [Impact of Modernization of Wood-Processing Enterprises on Productivity of the Forest Industry of Krasnoyarsk Krai]. Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy]. 2024;(9):91–103. https://doi.org/10.54861/27131211_2024_9_91. (In Russ., abstract in Eng.).

29. Dyukova O.M., Li Tszysyuan'. Vliyanie logisticheskoi koordinatsii na ustoichivost' tsepei postavok [Impact of Logistics Coordination on Supply Chain

Sustainability]. *Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy]*. 2025;(7):80–91. https://doi.org/10.54861/27131211_2025_7_80. (In Russ., abstract in Eng.).

30. Malysheva K.B. *Sravnitel'nyi analiz ekosistemnogo i klasternogo podkhoda organizatsii transportno-logisticheskoi sistemy territorii [Comparative Analysis of Ecosystem and Cluster Approaches to Organizing Territorial Transport and Logistics Systems]*. *Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy]*. 2024;(9):104–112. https://doi.org/10.54861/27131211_2024_9_104. (In Russ., abstract in Eng.).

31. Burmistrov A.M., Zinovieva I.S. Determinants of increasing the efficiency of using woody forest resources. *REGION: Systems, Economics, Management*. 2024;(1(64)):101–109. <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2024-64-101-109>. (In Eng.).

32. Dolmatov S.N., Makunina Ya.S. Density of the forest road network as a factor of sustainable forest management on the example of forests of the Krasnoyarsk Territory. *Bulletin of PSTU. Ser.: Forest Ecology, Forest Management*. 2023;(3(59)). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2023.3.8>. (In Eng.).

33. Đuka A., Bumber Z., Poršinsky T., Papa I., Pentek T. The influence of increased salvage felling on forwarding distance and the removal—A case study from Croatia. *Forests*. 2021;12(1):7. <https://doi.org/10.3390/f12010007>. (In Eng.).

34. Kumar P. Studying the impact of climatic and non-climatic factors on the growth of economic sectors: Data on various groups of countries with different income levels. *Regional Sustainability*. 2025;6(5):100261. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100261>. (In Eng.).

35. Hoeben A.D., Stern T., Lloret F. An overview of potential innovation paths to enhance the sustainability of value chains in the woodworking industry. *Current Forestry Reports*. 2023;9:301–318. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00191-4>. (In Eng.).

36. Boiger T., Brudermann A., Asada R., et al. When forest cover disturbances affect timber value chains: Modeling tipping points in roundwood markets. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2025;30:69. <https://doi.org/10.1007/s11027-025-10258-1>. (In Eng.).

37. Baskent E.Z., Borges J.G., Kashpar J. An updated review of spatial planning of woodlands: Approaches, methods, problems and future directions. *Current Forestry Reports*. 2024;10:299–321. <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00222-8>. (In Eng.).

38. Àvila Callau A., Erdozain M., Farías-Torbidoni E.I., et al. Linking forest planning and recreational trail design: A GIS approach for enhancing the social use of forests. *Environmental Management*. 2025;75:2150–2168. <https://doi.org/10.1007/s00267-025-02199-x>. (In Eng.).

39. Zheng S., Chen J., Zou Z., et al. Tropical forest vigor expansion from 2001 to 2020. *Communications Earth & Environment*. 2025;6:218. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02158-8>. (In Eng.).



40. De Clercq D., Brieger S.A., Welzel C. Leveraging the macro-level environment to balance work and life: An analysis of female entrepreneurs' job satisfaction. *Small Business Economics*. 2021;56:1361–1384. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00287-x>. (In Eng.).

© Скоморохов И.А. Степанова В.В., 2026

