

**РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS**

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 332.14

DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-31-39

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ
СИБИРСКОЙ КОНУРБАЦИИ**

Ким Т.Л., Меркурьев В.В., Косинский П.Д.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



Информация о статье

Поступила:

05 мая 2025 г.

Одобрена после рецензирования:

01 июля 2025 г.

Принята к публикации:

29 августа 2025 г.

Ключевые слова: Конурбации, графовая модель, анализ транспортных систем, стратегия развития транспортной инфраструктуры

Аннотация.

Формирование Сибирской конурбации как новой формы пространственной организации требует наличия устойчивых связей между ее основными элементами — населенными пунктами, агломерациями, экономическими кластерами. Основным элементом этих связей выступает транспортная инфраструктура. Она не только обеспечивает физическую связанность территории, но и способствует экономической, социальной и культурной интеграции, что делает ее стратегическим ресурсом развития. Применение теории графов для анализа транспортных систем агломераций в Сибирской конурбации позволит разработать стратегию развития транспортной инфраструктуры Сибирской конурбации с акцентом на Кемеровскую область-Кузбасс как центрального элемента этого образования. В работе используются теоретико-методологические подходы социальной географии, институциональной экономики и социологии мобильности. Рассматриваются пространственные особенности транспортной связанности, социальная структура мобильности населения и цифровые аспекты транспортной интеграции.

Для цитирования: Ким Т.Л., Меркурьев В.В., Косинский П.Д. Применение теории графов для анализа транспортной системы сибирской конурбации // Экономика и управление инновациями. 2025. № 3 (34). С. 31-39. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-31-39, EDN: GUCCTC

**APPLICATION OF GRAPH THEORY FOR THE ANALYSIS OF TRANSPORT
SYSTEMS IN AGGLOMERATIONS WITHIN THE SIBERIAN CONURBATION**

Tatyana L. Kim, Vladimir V. Merkurev, Petr D. Kosinsky

Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev



Article info

Submitted:

05 May 2025

Approved after reviewing:

01 July 2025

Accepted for publication:

29 August 2025

Abstract.

The formation of the Siberian conurbation as a new type of spatial organization requires stable connections between its key elements –settlements, agglomerations, and economic centers. The central component of these connections is the transport infrastructure. It not only ensures physical connectivity of the territory but also promotes economic, social, and cultural integration, making it a strategic resource for development.

The application of graph theory to analyze the transport systems of agglomerations within the Siberian conurbation will help develop a transport infrastructure development strategy for the Siberian conurbation, with a focus on the Kemerovo region as a key element of this structure. The study employs theoretical and methodological approaches from social geography, institutional economics, and mobility sociology.

Keywords:

Conurbations, graph model,
transport system analysis, transport
infrastructure development strategy

It examines the spatial features of transport connectivity, the social structure of population mobility, and digital aspects of transport integration.

For citation: Kim T.L., Merkurev V.V., Kosinsky P.D. Application of graph theory for the analysis of transport systems in agglomerations within the Siberian conurbation. *Economics and Innovation Management*, 2025, no. 3 (34), pp. 31-39. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-31-39, EDN: GUCCTC

1 Introduction / Введение

Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области-Кузбасса до 2035 года [1] основывается на экономических отраслях, которые связаны с угледобычей, и экспорте твердого топлива. За последние несколько лет в Кузбассе снизились объемы добычи угля, это в первую очередь связано с введением санкций: введение запрета на импорт российского угля и все, что связано с его транспортировкой. Угледобыча для Кузбасса является «ядром» экономики региона и основной его отраслью, что становится угрозой стратегического характера. Выходом из сложившейся ситуации может стать поиск новых точек роста и повышение привлекательности региона не только за счет угледобычи и экспорта угля. По мнению авторов, одной из точек роста может служить образование транспортной системы Сибирской конурбации.

Конурбация состоит из крупных городских агломераций, и ее развитие тесно связано с транспортной инфраструктурой, интенсивностью пассажирских перевозок и логистики, в результате чего происходит постепенное проникновение и смывание границ между агломерациями. Конурбации являются результатом интенсивной урбанизации и экономического развития агломераций. Агломерационные процессы, происходящие в рамках конурбации, приводят к синергии развития регионов и появления новых точек роста: повышению качества уровня жизни населения за счет создания широкого рынка услуг, развития бизнеса, увеличения конкурентоспособности региона и более эффективного использования трудовой ресурсной базы [2–4].

Теория графов представляет собой математический инструмент, который широко используется для анализа сложных систем, в том числе региональных экономических структур. В контексте анализа региональных систем графы помогают моделировать взаимосвязи между различными компонентами, такими как города, производственные и транспортные узлы, а также различные аспекты социальной и экономической жизни. В теории графов ключевыми элементами являются: вершины (узлы) – это основные компоненты графа, которые представляют элементы системы. В контексте региональных систем вершинами могут быть города, агломерации, транспортные узлы, экономические центры, социальные институты и т. д. Вершины отражают элементы, между которыми происходит взаимодействие. Ребра (связи) – это связи между вершинами, которые показывают, как объекты в системе взаимодействуют друг с другом. Ребра могут быть направленными (когда важен порядок взаимодействий) или ненаправленными (когда направление не имеет значения). В контексте региональных систем ребра могут отражать, например, транспортные маршруты, производственные потоки, миграционные потоки и другие виды взаимодействий. Вес ребер — это числовые значения, которые характеризуют интенсивность или силу связи между вершинами. Важно отметить, что веса ребер могут варьироваться в зависимости от типа взаимодействия. Например, вес ребер может отображать объем перевозок товаров, миграционные потоки или объем производственного взаимодействия между городами.

Мультислои (многослойные графы) – это графы, состоящие из нескольких слоев, каждый из которых отображает определенный тип связи между объектами. Например, в многослойном графе один слой может отражать транспортные связи между городами, второй — производственные связи, третий — социальные и образовательные потоки. Мультислоенные графы позволяют более точно моделировать сложные системы, где взаимодействия между объектами имеют несколько аспектов [5–7]. Внедрение сетевых моделей позволяет перейти от описания конурбаций как совокупности точек к анализу их как систем и целостных организмов, где ключевую роль играют не узлы, а связи между ними.

С развитием экономики и ростом урбанизации на протяжении последних десятилетий пространственная структура сибирских городов претерпела значительные изменения. В то время как ранее значительное внимание уделялось только развитию крупных городов-метрополий, сегодня

все более важным становится изучение сложных и многогранных агломераций, объединяющих несколько крупных и средних городов, функционирующих как единая социально-экономическая система. Эта тенденция особенно ярко проявляется в Сибирской конурбации, включающей в себя такие города, как Новосибирск, Томск, Кемерово, Новокузнецк и Барнаул, которые обладают развитой экономической и транспортной сетью, а также играют значимую производственную и научную роль в стране.

Процесс усложнения пространственной структуры и взаимодействий между этими городами требует нового подхода к анализу и моделированию этих связей, что подчеркивает актуальность изучения полицентрических агломераций с использованием методов теории графов. Это позволит более точно охарактеризовать транспортные, производственные и социальные связи в таких агломерациях, а также предсказать возможные последствия изменений в инфраструктурных и экономических взаимодействиях.

2 Materials and Methods / Материалы и методы

Методологическая база исследования основывается на теории графов, которая предоставляет инструменты для формализованного описания и анализа сложных сетевых структур, таких как транспортные и производственные сети. Теория графов позволяет моделировать взаимоотношения между элементами системы (в данном случае – между городами и агломерациями) и анализировать такие важные метрики, как центральность узлов, плотность кластеров, посредничество и близость.

Системный подход позволяет рассматривать Сибирскую конурбацию как единое целое, где каждый город или агломерация является важной частью общей структуры, влияющей на ее функционирование. Этот подход помогает понять, как изменения в одном из элементов могут повлиять на остальные части системы, что особенно важно для оценки устойчивости и прогнозирования будущих изменений.

Таким образом, теория графов и методы сетевого анализа предлагают эффективный инструмент для изучения и оптимизации полицентрической структуры Сибирской конурбации, что позволяет более эффективно управлять развитием региона и прогнозировать возможные изменения в его пространственной и экономической структуре.

Кемеровская область – Кузбасс – один из ключевых промышленных и урбанизированных регионов Сибири. Сформированная вокруг крупных центров – Кемерово, Новокузнецк – территория выступает транспортным и логистическим узлом в системе Восточной Сибири. Важность региона определяется:

- высокой плотностью населения (около 26 чел./км² против 8,5 чел./км² в среднем по Сибири);
- высокой долей городского населения (более 85%);
- развитой промышленной специализацией, требующей эффективных транспортных связей;
- функцией транзитного хаба между югом Западной Сибири и Восточной Сибирью [8–13].

Город Кемерово как административный центр играет роль «северного полюса» Кемеровской урбанизированной дуги, с Новокузнецком на юге, образуя ядро потенциального урбанизированного коридора. Однако эффективность функционирования этого коридора ограничена инфраструктурными барьерами.

3 Results and Discussion / Результаты и обсуждение

Пространственная структура Сибирской конурбации формируется вокруг ключевых городских узлов, каждый из которых играет свою роль в экономической и социальной жизни региона. Эти города отличаются как по размеру населения, так и по своей функциональной специализации, что в совокупности образует многослойную и взаимосвязанную сеть, включающую различные производственные, научные, транспортные и логистические центры.

Новосибирск (1,6 млн человек).

Роль: Экономический, транспортный и научный хаб.

Логистический центр: Да.

Новосибирск – крупнейший город Сибири и один из самых значимых экономических центров России. Он занимает центральное место в пространственной структуре Сибирской конурбации, играя роль важнейшего транспортного узла на Транссибирской магистрали. Город явля-

ется мощным центром науки, образования и высоких технологий, что делает его важным фактором для инновационного развития региона. Важнейшие отрасли: машиностроение, химическая промышленность, информационные технологии.

Омск (1,2 млн человек).

Роль: Промышленный центр, нефтехимия, машиностроение.

Логистический центр: Да.

Омск – крупный промышленный центр, специализирующийся на нефтехимии и машиностроении. Омск имеет стратегическое расположение, обеспечивающее его роль важного транспортно-узла между Уралом и Сибирью. Город обладает развитой инфраструктурой для переработки углеводородных ресурсов, что значительно влияет на экономику региона.

Барнаул (600 тыс. человек).

Роль: Сельское хозяйство, переработка, промышленность.

Логистический центр: Да.

Барнаул – это важный центр сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности в Алтайском крае. Этот город играет ключевую роль в производственной цепочке, обеспечивая переработку сельскохозяйственной продукции и ее транспортировку в другие регионы. Барнаул также служит логистическим узлом, связывающим Сибирь с Казахстаном и Монголией.

Кемерово (500 тыс. человек).

Роль: Угледобыча, металлургия, химическая промышленность.

Логистический центр: Да.

Кемерово – центр угледобычи и металлургической промышленности, играющий важную роль в обеспечении энергетической безопасности России. Город является важным транспортным узлом для перевозки угля и металлургической продукции, а также одним из ключевых центров химической промышленности Сибири.

Томск (500 тыс. человек).

Роль: Научно-образовательный центр, инновации.

Логистический центр: Нет.

Томск – важный научно-образовательный центр с сильной инновационной составляющей. Город известен своими университетами и научно-исследовательскими институтами, что делает его центром научных и технологических разработок в Сибири. Несмотря на его меньшую роль в транспортной логистике, Томск активно развивается в сфере образования и высоких технологий.

Новокузнецк (500 тыс. человек).

Роль: Угольная промышленность, металлургия.

Логистический центр: Да.

Новокузнецк — ключевой центр угледобычи и металлургической промышленности, а также важный логистический узел для транспортировки угля и металлургической продукции. Город является важным звеном в производственной цепочке Сибирской конурбации.

Транспортные связи и их влияние на пространственную структуру.

Сибирская конурбация является примером дисперсной полицентрической структуры, в которой несколько крупных и средних городов выполняют функцию полицентрических узлов. Эти города связаны как между собой, так и с соседними регионами, создавая сеть, в которой каждый узел играет специфическую роль. Например, Новосибирск – это экономический и транспортный хаб, Кемерово – промышленный центр, Томск – научный и образовательный центр, а Барнаул – сельскохозяйственный и перерабатывающий хаб [14].

Такая структура имеет несколько характеристик:

Асимметрия центральности: различные города в конурбации играют разные роли в экономической и социальной жизни региона, и степень их центральности значительно варьируется.

Сетевой характер связей: наличие множества связей между городами второй величины позволяет поддерживать устойчивость системы, однако такие связи остаются менее плотными и функциональными по сравнению с центральными узлами.

Одной из ключевых особенностей Сибирской конурбации является функциональная дифференциация. В отличие от моноцентрических агломераций, где один город концентрирует все ключевые функции, в Сибири развиваются несколько экономических специализаций, каждая из которых соответствует конкретному региону и его природным и человеческим ресурсам.

Графовая модель является важным инструментом для понимания пространственно-экономических связей в Сибирской конурбации. Далее мы подробно рассмотрим процесс конструирования графа, расчет ключевых метрик и визуализацию сети, что позволит более точно анализировать экономическую и социальную структуру региона [15].

Для построения графа Сибирской конурбации в качестве узлов выбираются ключевые города и агломерации региона, которые играют важную роль в экономике и транспортной инфраструктуре. Основные узлы:

Новосибирск – крупнейший экономический и научный центр региона.

Кемерово – центр угледобычи и металлургической промышленности.

Омск – промышленный центр, в том числе машиностроение и нефтехимия.

Барнаул – центр сельского хозяйства и переработки.

Томск – важный научно-образовательный хаб.

Новокузнецк – центр угольной и металлургической промышленности.

Типы связей между узлами зависят от транспортных, производственных и социально-экономических потоков (Таблица 1):

Транспортные связи – связывают города на основе наличия железнодорожных, автодорожных и авиационных маршрутов.

Производственные связи – связаны с товарооборотом между городами, включая уголь, металл, сельскохозяйственные продукты и промышленную продукцию.

Образовательные связи – миграция студентов и исследовательские взаимодействия между научными центрами, например между Томском и Новосибирском.

Социальные связи – миграция рабочей силы, в том числе маятниковая миграция, трудовая мобильность и обмен рабочими кадрами между регионами.

Таблица 1. Сводная таблица расчетов параметров построения графов для Сибирской конурбации [16–18].

Table 1. Consolidated table of graph construction parameter calculations for the Siberian conurbation

Город 1	Город 2	Тип связи	Интенсивность потока (Вес)	Примечания
Новосибирск	Омск	Автодорожный поток	5	Средняя интенсивность для торговли и грузоперевозок
Новосибирск	Барнаул	Железнодорожный поток	6	Задействованы угольные и сельскохозяйственные перевозки
Новосибирск	Томск	Миграционные потоки	8	Высокая миграционная активность между университетами и научными центрами
Новосибирск	Кемерово	Железнодорожный поток	6	Угледобывающая и металлургическая продукция
Омск	Барнаул	Автодорожный поток	4	Развита сеть логистических центров, но более низкая интенсивность по сравнению с другими маршрутами
Омск	Новокузнецк	Железнодорожный поток	6	Металлургические и угольные грузы, связь с промышленной зоной
Кемерово	Новокузнецк	Автодорожный поток	8	Высокая интенсивность из-за угольной и металлургической промышленности
Томск	Кемерово	Автодорожный поток	4	Низкая интенсивность, но важен для экономической связи

Граф сети представляет собой совокупность точек, соединенных между собой ребрами (отрезками – Рис. 1) [7].



Рис. 1. Географическая визуализация транспортных и логистических потоков
Сибирской конурбации

Fig. 1. Geographic representation of transportation and logistics networks in the Siberian conurbation

Исключение ключевого узла, такого как транспортный коридор или инфраструктурный хаб, может вызвать значительные изменения в логистических и производственных цепочках, повлиять на межрегиональные связи и даже привести к дезинтеграции части региональной экономики.

Пример: выход из системы Кемерово (угольный узел) – изменение в грузопотоках.

Кемерово является одним из важнейших узлов Сибирской конурбации, в первую очередь благодаря химическому производству и угледобыче, которые составляют основу его экономической деятельности. Город не служит транспортным хабом, через который проходят значительные потоки угля и других продуктов. Исходя из этого, моделирование исключения Кемерово из системы позволяет понять, как может измениться структура грузопотоков и какие последствия для других городов и агломераций могут возникнуть.

Экономический эффект:

Снижение объемов угледобычи. Потеря Кемерово приведет к значительному снижению объемов угля, поступающего в другие регионы, что, в свою очередь, отразится на металлургической и энергетической промышленности.

Задержка в грузоперевозках. Без Кемерово как основного хаба грузопотоки между другими городами Сибири будут нарушены. Это создаст задержки и повысит затраты на транспортировку угля, металла и других грузов. Важность Кемерово как логистического центра подтверждается расположением складского хаба сети магазинов «Магнит».

Изменения в логистике:

Обострение транспортных проблем. В случае исключения Кемерово как узла потребуется перераспределить потоки товаров через другие логистические хабы, такие как Новокузнецк или Барнаул. Это может привести к перегрузке альтернативных транспортных коридоров.

Уменьшение функциональности транспортных узлов. Например, если Кемерово будет исключен из транспортной сети, города, такие как Красноярск и Новокузнецк, будут наблюдать сбои транспортной логистики и пассажирского сообщения.

Риски для соседних агломераций:

Снижение экономической активности. Исключение Кемерово может привести к снижению экономической активности в Новокузнецке и других сопредельных городах, поскольку промышленность региона будет испытывать дефицит угля и сырья для дальнейшей переработки.

Сокращение рабочих мест. Множество рабочих мест в Кемерово и соседних городах связано с угледобывающей промышленностью. Без этого кластера происходит сокращение значительного числа рабочих мест, что влияет на социальную устойчивость региона.

4 Conclusion / Заключение

Применение графовых моделей позволяет исследовать пространственные и функциональные связи между городами, оптимизировать транспортные и логистические маршруты, а также выявить «узкие места» в инфраструктуре. В особенности это актуально для Сибирской конурбации, где существует значительное количество взаимозависимых городов, каждый из которых играет важную роль в экономике страны. Рассмотрение этих агломераций через призму теории графов предоставляет возможность более детально изучить взаимодействия между элементами и предсказать последствия изменений в их структуре.

Список источников

1. Fridman Yu. A., Loginova E. Yu., Rechko G. N., Khokhrina O. I. Kuzbass economic diversification: The concept of development corridors // Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences. – 2023. – Vol. 16(9). – pp. 1576–1583.
2. Фридман Ю.А., Логинова Е.Ю., Речко Г.Н., Хохрина О.И. Концепция трансформации социально-экономической системы Кузбасса в контексте политики декарбонизации // Регион: экономика и социология. – 2022. – № 4. – С. 219–243.
3. Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 г. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/c461e87bcae53d7d6f06e406c0f24063/kem_obl.pdf (последнее обращение: 06.07.2025).
4. Меркурьев В.В., Мягков Е.В., Косинский П.Д., Томилиев К.В. Анализ социально-экономического развития регионов Сибирского федерального округа // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2022. – № 4(72). – С. 21–41.
5. Экономика промышленности: теоретико-методологические основы развития / Э. М. Лубкова, П. Д. Косинский, И. А. Ганиева и др. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – 189 с.
6. Министерство транспорта Кемеровской области. Доклад о состоянии и развитии транспортного комплекса – 2023. URL: <https://mtk42.ru/ru/activity/razvitie-i-planirovanie-otrasli> (последнее обращение: 06.07.2025).
7. Власов Д.Н., Расов В.В. Методика формирования интермодальной системы пассажирского транспорта Московской агломерации с использованием теории графов // Проблемы и программы развития регионов. – 2019. – № 4(28). – С. 36–47.
8. Оре О. Графы и их применение. – М.: Мир, 2015. – 208 с.
9. Зобова Л.Л., Шабашев В.А. Кузбасская конурбация как пример пространственной структуры городской агломерации // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – № 1 (61), т. 4. – С. 209–212.
10. Комаров К.Л. Развитие транспортной системы Сибирской конурбации // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 3 (46). – С. 5–10.
11. Коломак Е. А. Оценка перспектив формирования Южносибирской конурбации. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2022. – 224 с.
12. Борисов И.Н. Логистические хабы Сибири: проблемы и перспективы. – Новосибирск: Сибирское издательство, 2021. – 205 с.
13. Логистика Кузбасса. Анализ транспортных потоков и оптимизация логистической инфраструктуры. – Кемерово: КемГУ, 2022. – 88 с.
14. Иванов В.Д. Цифровизация логистических процессов в Сибирской агломерации // Вестник транспортных технологий. – 2021. – № 9(5). – С. 23–34.
15. Тимофеев С.П. Перспективы развития транспортных коридоров Сибири: от Транссиба до Байкала // Российский журнал транспортной экономики. – 2023. – №18(2). – С. 90–104.
16. Минтранс РФ. Реестр регулярных автобусных маршрутов между субъектами Российской Федерации. URL: <https://mintrans.gov.ru/opendata/7705851331-reestrautorf?ysclid=m9pnmr8ad7175502728> (последнее обращение: 06.07.2025).
17. КомИнфо. Статистика жд перевозок. URL: https://komstat.ru/uslugi/analiz_gruzopotok/?ysclid=m9pntehtds9822471262 (последнее обращение: 06.07.2025).
18. Rail Analytic. Агентство железнодорожной аналитики. URL: <https://rail-analitic.ru> (последнее обращение: 06.07.2025).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2025 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы

Ким Татьяна Леонидовна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева.
650000 Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: ktl.fiz@kuzstu.ru

Меркурьев Владимир Владимирович – доктор экономических наук, проректор по учебной работе Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева.
650000 Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: merkurevvv@kuzstu.ru

Косинский Петр Дмитриевич – доктор экономических наук, профессор кафедры государственного и муниципального управления Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева.
650000 Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: kpd.gimu@kuzstu.ru

References

1. Fridman Yu. A., Loginova E. Yu., Rechko G. N., Khokhrina O. I. Kuzbass economic diversification: The concept of development corridors. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*. 2023. Vol. 16(9). pp. 1576–1583.
2. Fridman Ju.A., Loginova E.Ju., Rechko G.N., Hohnina O.I. Konceptija transformacii social'no-jekonomicheskoy sistemy Kuzbassa v kontekste politiki dekarbonizacii [The concept of transformation of the socio-economic system of Kuzbass in the context of decarbonization policy]. *Region: jekonomika i sociologija = Region: economics and sociology*. 2022. Vol. 4. pp. 219-243.
3. Strategija social'no-jekonomicheskogo razvitija Kemerovskoj oblasti do 2035 g. [Strategy for the socio-economic development of the Kemerovo region until 2035]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/c461e87bcae53d7d6f06e406c0f24063/kem_obl.pdf (last access: 06.07.2025).
4. Merkur'ev V.V., Mjagkov E.V., Kosinskij P.D., Tomilin K.V. Analiz social'no-jekonomicheskogo razvitija regionov Sibirskogo federal'nogo okruga [Analysis of the socio-economic development of the regions of the Siberian Federal District]. *Regional'naja jeko-nomika i upravlenie: jelektronnyj nauchnyj zhurnal = Regional economics and management: electronic scientific journal*. 2022. Vol. 4(72). pp. 21-41.
5. Jekonomika promyshlennosti: teoretiko-metodologicheskie osnovy razvitija / Je. M. Lubkova, P. D. Kosinskij, I. A. Ganieva i dr. [Industrial economics: theoretical and methodological foundations of development / E. M. Lubkova, P. D. Kosinsky, I. A. Ganieva et al.]. *Kemerovo: Kuzbasskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet imeni T.F. Gorbachjova = Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev*, 2023. 189 p.
6. Ministerstvo transporta Kemerovskoj oblasti. Doklad o sostojanii i razvitii transportnogo kompleksa – 2023 [Ministry of Transport of the Kemerovo Region. Report on the state and development of the transport complex – 2023]. URL: <https://mtk42.ru/ru/activity/razvitie-i-planirovanie-otrasli> (last access: 06.07.2025).
7. Vlasov D.N., Rasov V.V. Metodika formirovanija intermodal'noj sistemy passa-zhirskogo transporta Moskovskoj aglomeracii s ispol'zovaniem teorii grafov [Methodology for the formation of an intermodal passenger transport system in the Moscow agglomeration using graph theory]. *Problemy i programmy razvitija regionov = Problems and programs for the development of regions*. 2019. Vol. 4(28). pp. 36-47.
8. Ore O. Grafy i ih primenenie [Graphs and their application]. Moscow: Mir = World, 2015. 208 p.
9. Zobova L.L., Shabashev V.A. Kuzbasskaja konurbacija kak primer prostranstvennoj struktury gorodskoj aglomeracii [Kuzbass conurbation as an example of the spatial structure of an urban agglomeration]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Kemerovo State University*. 2015. Vol. 1 (61), Issue. 4. pp. 209–212.
10. Komarov K.L. Razvitie transportnoj sistemy Sibirskoj konurbacii [Development of the transport system of the Siberian conurbation]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija = Bulletin of the Siberian State Transport University*. 2018. Vol. 3 (46). pp. 5-10.
11. Kolomak E. A. Ocenka perspektiv formirovanija Juzhnosibirskoj konurbacii [Assessment of the prospects for the formation of the South Siberian conurbation]. *Novosibirsk: Izd-vo IJeOPP SO RAN = Publishing House od IEOIP SB RAS*, 2022. 224 p.
12. Borisov I.N. Logisticheskie haby Sibiri: problemy i perspektivy [Logistics hubs of Siberia: problems and prospects]. *Novosibirsk: Sibirskoe izdatel'stvo = Siberian publishing house*, 2021. 205 p.
13. Logistika Kuzbassa. Analiz transportnyh potokov i optimizacija logisticheskoy infrastruktury [Logistics of Kuzbass. Analysis of traffic flows and optimization of logistics infrastructure]. *Kemerovo: KemSU*, 2022. – 88 s.
14. Ivanov V.D. Cifrovizacija logisticheskijh processov v Sibirskoj aglomeracii [Digitalization of logistics processes in the Siberian agglomeration]. *Vestnik transportnyh tehnologij = Bulletin of transport technologies*. 2021. Vol. 9(5). pp. 23–34.

15. Timofeev S.P. Perspektivy razvitiya transportnyh koridorov Sibiri: ot Transsiba do Bajkala [Prospects for the development of transport corridors of Siberia: from Trans-Siberian to Baikal]. Rossijskij zhurnal transportnoj jekonomiki = Russian Journal of Transport Economics. 2023. Vol. 18(2). pp. 90–104.

16. Mintrans RF. Reestr reguljarnyh avtobusnyh marshrutov mezhdru sub#ektami Rossijskoj Federacii [Ministry of Transport of the Russian Federation. Register of regular bus routes between the constituent entities of the Russian Federation]. URL: <https://mintrans.gov.ru/opendata/7705851331-reestrautorf?ysclid=m9pnmr8ad7175502728> (last access: 06.07.2025).

17. KomInfo. Statistika zhd perevozok [Railway transportation statistics]. URL: https://komstat.ru/uslugi/analiz_gruzopotok/?ysclid=m9pntehds9822471262 (last access: 06.07.2025).

18. Rail Analytic. Agentstvo zheleznodorozhnoj analitiki [Railway Analytics Agency]. URL: <https://rail-analitic.ru> (last access: 06.07.2025).

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2025 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Authors

Tatyana L. Kim – Candidate of Sciences of technical Sciences, Associate Professor, Head of department of Physics, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
650000 Vesennyyaya st. 28, Kemerovo, Russian Federation
E-mail: ktl.fiz@kuzstu.ru

Vladimir V. Merkurev – Doctor of Economic Sciences, Vice-Rector for Academic Affairs, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
650000 Vesennyyaya st. 28, Kemerovo, Russian Federation
E-mail: merkurevvv@kuzstu.ru

Petr D. Kosinsky – Doctor of Economic Sciences, Professor at the Department of Public and Municipal Administration, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
650000 Vesennyyaya st. 28, Kemerovo, Russian Federation
E-mail: kpd.gimu@kuzstu.ru

