

Роль городских транспортных коридоров в формировании агломераций

Алексей Георгиевич Левашев

Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ); г. Иркутск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Для успешного экономического и социального развития урбанизированных территорий требуется устойчивая транспортная система, обеспечивающая надежные связи между ними и доступность для ежедневных активностей населения. К наиболее значимым элементам транспортно-планировочного каркаса агломерации относятся линейные объекты, представленные транспортными коридорами (ТК), от которых зависит основная часть транспортных затрат на передвижение населения, а значит, транспортная доступность территорий. Высокий уровень транспортного обслуживания на таких важнейших элементах как ТК напрямую влияет на формирование устойчивых ежедневных миграций населения и потенциал развития прилегающих территорий, а следовательно, и на формирование границ агломерации.

Материалы и методы. Для территории Иркутской агломерации, которая включает г. Иркутск как основное ядро агломерации, города-спутники Ангарск и Шелехов и огибающую территорию Иркутского района, предложены подходы к формированию единой транспортной модели агломерации как основного инструмента для оценки транспортного спроса, анализа распределения транспортных потоков и показателей эффективности мероприятий по развитию территорий ТК и обслуживаемых ими территорий. Рассмотрены особые случаи составляющих моделей оценки транспортного спроса на передвижение между отдельными муниципалитетами. Предложен подход к оценке транспортного спроса на смежных сопряженных ТК, ранее использовавшийся только для отдельных коридоров.

Результаты. Получены показатели значимости ТК, включая объемы транспортной работы в соотношении к их суммарной протяженности. Приведен пример применения транспортной модели Иркутской агломерации для решения задач по формированию новых ТК.

Выводы. Предложенные подходы к формированию транспортной модели позволяют подготавливать необходимый инструментарий в условиях ограниченных возможностей проведения массовых обследований, а также максимально эффективно использовать имеющиеся транспортные модели, разработанные ранее для отдельных муниципалитетов и ТК, объединяя их в единую транспортную модель.

Ключевые слова: транспортный коридор, оценка транспортного спроса, транспортная модель агломерации, инструменты транспортного планирования, характеристики городских территорий, интегрированное территориально и транспортное планирование

Для цитирования: Левашев А.Г. Роль городских транспортных коридоров в формировании агломераций // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 10. С. 1532–1544. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.10.1532-1544

Автор, ответственный за переписку: Алексей Георгиевич Левашев, alexey.levashev@tl-istu.com.

The role of urban transport corridors in the formation of agglomerations

Alexey G. Levashev

Irkutsk National Research Technical University (INRTU); Irkutsk, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Successful economic and social development of urban territories requires a sustainable transport system that provides reliable connections between territories and a high level of their transport accessibility for the daily social and economic activities of the population. The most important elements of the transport and planning framework of the agglomeration are linear objects, represented by transport corridors, which determine the bulk of transport costs for population movements, and hence transport accessibility of territories. A high level of transport service in such important elements as transport corridors directly affects the formation of sustainable daily migrations of the population and the development potential of the adjacent territories, and therefore affects the formation of the agglomeration boundaries.

Materials and methods. For the territory of Irkutsk agglomeration, which includes Irkutsk city as the main core of agglomeration, satellite cities Angarsk and Shelekhov and the surrounding territory of Irkutsk district, approaches to the formation of a unified transport model of agglomeration as the main tool for assessing transport demand, analyzing the distribution of traffic flows and indicators of the effectiveness of measures to develop the territories of transport corridors and the territories served by them are proposed. The paper considers special cases of the constituent parts of the models for assessing

transport demand for movements between individual municipalities. An approach to estimating transport demand on adjacent conjugate transport corridors, previously used only for individual corridors is proposed.

Results. The significance indicators of transport corridors, including the volume of transport work in relation to their total length were obtained. The example of the application of transport model of Irkutsk agglomeration to solve the problems of the formation of new transport corridors is presented.

Conclusions. It is concluded that the proposed approaches to the formation of the transport model allow to prepare the necessary tools in conditions of limited opportunities for mass surveys, as well as maximize the use of existing transport models developed earlier for individual municipalities and transport corridors, combining them into a single transport model.

KEYWORDS: transport corridor, transport demand assessment, agglomeration transport model, transport planning tools, characteristics of urban areas, integrated territorial and transport planning

FOR CITATION: Levashev A.G. The role of urban transport corridors in the formation of agglomerations. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023; 18(10):1532-1544. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.10.1532-1544 (rus.).

Corresponding author: Alexey G. Levashev, alexey.levashev@ti-istu.com.

ВВЕДЕНИЕ

Для успешного экономического и социального развития урбанизированных территорий требуется устойчивая транспортная система, обеспечивающая надежные связи между ними и высокий уровень доступности объектов активностей населения. Необходимость обеспечения экономического роста территорий является одной из основных причин инвестирования в транспортную инфраструктуру.

С целью обслуживания территорий нужна транспортная система, но и территории могут оказывать влияние на эффективность такой системы и ее функционирование. Следует учитывать особенности транспортного поведения населения и предпочтения людей в выборе целей и способов передвижений, а также территориальное расположение объектов обслуживания, которые они посещают. Например, концентрация рабочих мест или торговых точек вблизи крупного транспортного узла может повлиять на загрузку прилегающей улично-дорожной сети (УДС) и, как следствие, приведет к образованию транспортных очередей и повышению транспортных потерь.

Рассматривая территории в масштабе городской агломерации, наибольший интерес с точки зрения качества транспортного обслуживания представляют элементы основного транспортно-планировочного каркаса агломерации, включающего общегородские центры, крупные развязки, транспортно-пересадочные узлы, системы скоростных дорог и связки магистральных улиц, а также системы общественного и немоторизированного транспорта, обслуживающего эти территории [1–5].

Элементы основного транспортно-планировочного каркаса обслуживают до 80 % всех передвижений [3]. В результате снижения эффективности функционирования транспортно-планировочного каркаса агломерации в значительной степени растут вредные выбросы в окружающую среду, которые в свою очередь зависят и от транспортных задержек, и от средней скорости движения [6]. В результате снижаются возможности устойчивого развития городских территорий.

К наиболее значимым элементам транспортно-планировочного каркаса агломерации относятся линейные объекты, расположенные вдоль транспортных

коридоров (ТК), от которых зависит ключевая часть транспортных затрат на передвижения населения, а следовательно, транспортная доступность территории. Несмотря на то что в городском транспортном планировании нет единого определения транспортного коридора, под данным термином понимаются сегменты городской транспортной системы, по которым осуществляются передвижение населения и перемещение грузов в определенном планировочном направлении с использованием комплекса взаимодополняющих городских путей сообщения.

В зарубежной практике особое внимание уделяется ТК и их роли в формировании городских агломераций. В современном руководстве по транспортному планированию США [7] приводится формулировка транспортного коридора — это относительно четко определенная географическая область, которая обслуживает транспортные потоки, обычно сосредоточенные вдоль одного или нескольких крупных транспортных объектов (например, автострады, пригородной железнодорожной линии или скоростного автобусного сообщения).

Коридор часто трактуется в терминах обслуживания его отдельного участка, в пределах которого поездки имеют общую линейную направленность. При этом в рамках разработки плана развития ТК устанавливается потребность в развитии прилегающей территории, объектах или услугах между центрами активностей или другими конечными пунктами, а также транспортные инвестиции для обеспечения эффективного обслуживания существующих или планируемых урбанизированных территорий.

С точки зрения теории транспортных потоков под ТК понимается совокупность параллельных и конкурирующих элементов транспортных систем и видов транспорта с перекрестными связями, которые обслуживают поездки между двумя определенными пунктами и могут содержать несколько подсистем объектов: скоростные дороги, городские улицы, общественный транспорт, пешеходную и велосипедную инфраструктуру [7].

Приоритетные ТК с высокими пропускной способностью и качеством транспортного обслуживания, с несколькими видами транспорта называются основными (базовыми) транспортными коридорами. Коридоры, которые соединяют основные

ТК друг с другом и достигают конечных центров, называются промежуточными или ответвляющимися. Тот факт, что между двумя пунктами есть только одна дорога или улица, не делает ее ТК. На этом участке должно функционировать несколько видов транспорта и обслуживаться устойчивые транспортные потоки высокой интенсивности [7].

Транспортные коридоры рассматриваются как магистрали транспортных сетей, связывающие основные узлы и центры посредством слияния грузовых и пассажирских потоков. Чаще всего они находятся на пересечении экономических, демографических и географических процессов, поскольку выполняют как функции обслуживания рынка, так и функции соединения рынков. Таким образом, коридор как понятие не является неизменным во времени или пространстве, а скорее динамичным, зависящим от таких ключевых факторов, как экономический контекст, инвестиции в инфраструктуру, технологические изменения (например, информационные коридоры) и политика [8].

Важно отметить рост исследований и появление руководств и нормативных документов в области трансформирования городских и агломерационных коридоров с ориентиром на устойчивые виды транспорта [9]. Это объясняется тем, что на фоне растущего уровня автомобилизации сокращаются возможности качественного обслуживания населения только автомобильным транспортом, который должен быть дополнен надежными системами общественного транспорта с большой провозной способностью и высокими скоростями сообщения.

В таком случае в городской среде под коридором можно понимать территории, включающие сочетание торговых, рабочих мест и жилых помещений, развитых с общей более высокой плотностью, ориентированных вдоль магистральных улиц и дорог, обслуживаемых основными маршрутами общественного транспорта.

При этом высокий уровень транспортного обслуживания на таких важнейших элементах, как ТК, напрямую влияет на формирование устойчивых ежедневных миграций населения и потенциал развития прилегающих территорий, а следовательно, и на формирование границ агломерации. В условиях ограниченных исходных данных требуются подходы к созданию транспортной модели агломерации, а также максимальное эффективное использование имеющихся транспортных моделей, разработанных ранее для отдельных муниципалитетов и ТК, объединение их в единую транспортную модель, обеспечивающую экономию временных и денежных ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен анализ современного состояния науки и практики в области планирования ТК в региональных, агломерационных и городских системах расселения.

В качестве территории рассмотрения принималась система расселения Иркутской агломерации, включающая г. Иркутск как основное ядро агломерации, города-спутники Ангарск и Шелехов и опоязывающую территорию Иркутского района (рис. 1).

Анализ распределения транспортных и пассажирских потоков проведен с помощью методов математического моделирования, в качестве основной информационной базы применены пространственные характеристики использования территории в границах рассматриваемой агломераций, необходимые для транспортного моделирования (рис. 2) [10].

Подготовка инструмента транспортного моделирования для исследований и анализа показателей эффективности и приоритетности мероприятий по формированию новых ТК в границах Иркутской агломерации потребовала дополнительного изучения характеристик транспортной подвижности населения с применением анкетных опросов людей об их передвижениях внутри городов и между ними (рис. 3).

Для оценки транспортного спроса между городами в составе агломерации предложен подход к объединению функциональных моделей отдельных городов с учетом постоянных затрат времени на передвижение между их границами (рис. 4). Такой актуален при отсутствии возможности проведения крупномасштабных анкетных обследований, позволяющих получить достоверные статистические выборки данных о передвижениях населения из одного города в другой. Адекватность подхода подтверждается распределением передвижений по затратам времени, которое получено в результате опроса жителей Ангарска, совершивших передвижения в Иркутск по трудовым и культурно-бытовым целям на общественном и индивидуальном транспорте (см. рис. 3).

В таблице представлена предлагаемая совокупность моделей транспортного спроса, необходимая для формирования итоговой модели спроса городской агломерации (на примере Иркутской агломерации). В качестве необходимых исходных данных требуются территориальные характеристики (численность населения, места приложения труда и пр.), функции распределения передвижений по затратам времени (полученные в результате анкетных опросов в каждом отдельном муниципальном образовании), суммарные объемы передвижений между городами (получаемые в ходе транспортных обследований на границах городов и вдоль ТК).

Для отдельного муниципального образования, в частности для агломерационного центра, необходимо иметь детализированную модель спроса, учитывающую разные типы прибытия по культурно-бытовым целям (дезагрегированная модель оценки спроса по прибытию).

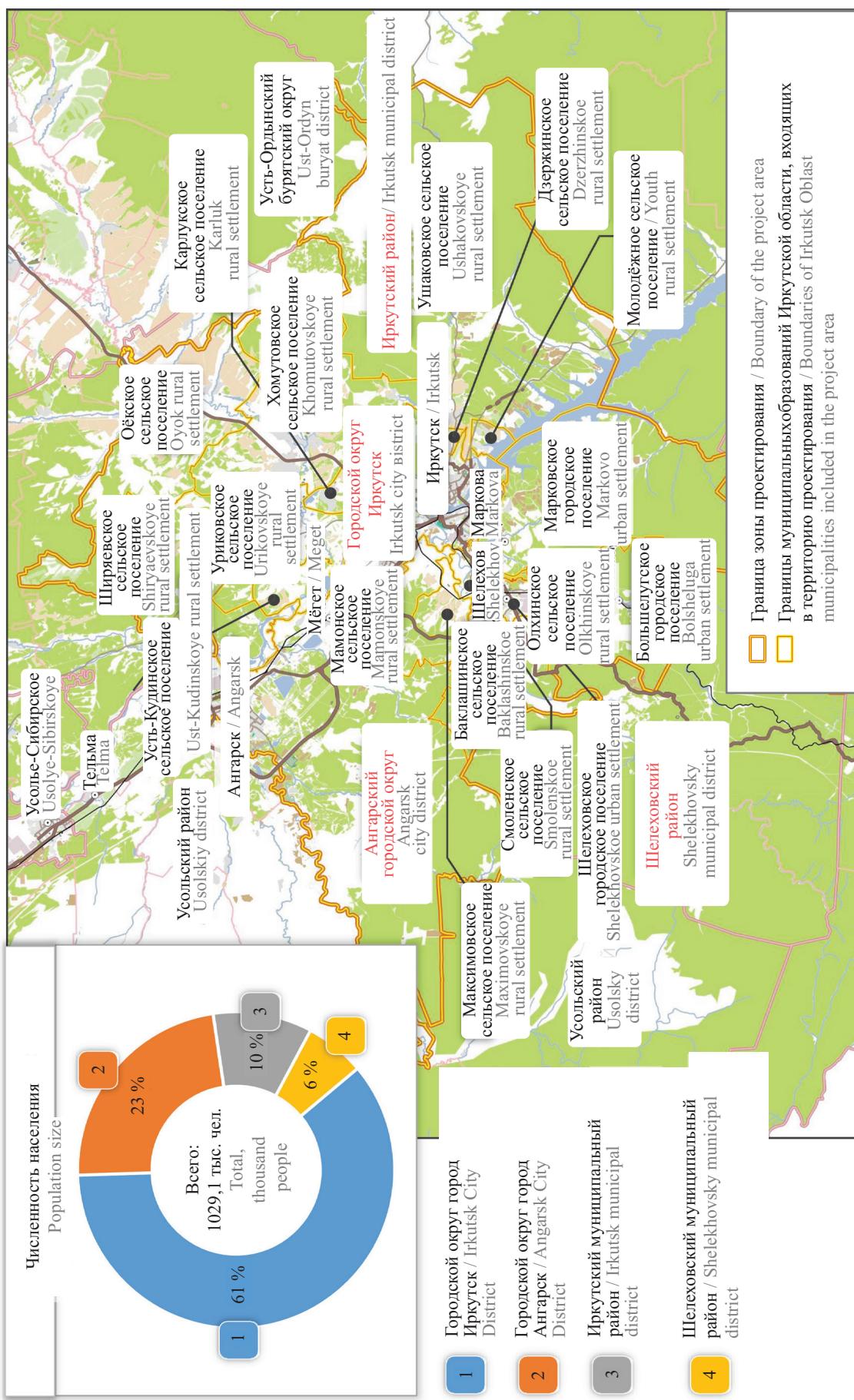


Рис. 1. Границы и состав Иркутской агломерации в рамках проектной работы по разработке документов транспортного планирования (2018 г.)
Fig. 1. Borders and composition of the Irkutsk agglomeration as part of the project work on the development of transport planning documents (2018)

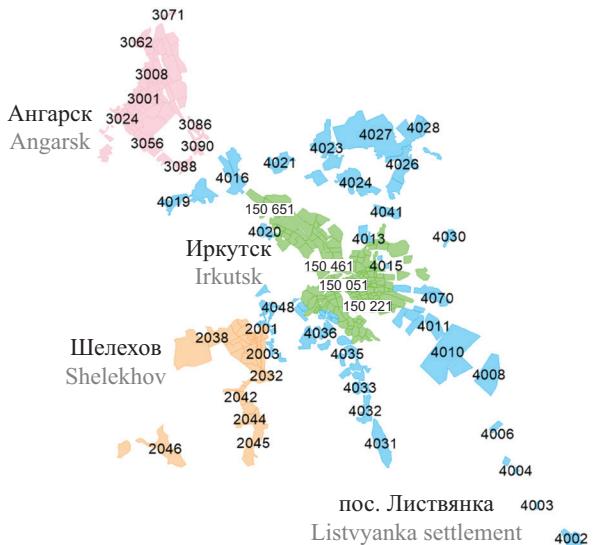


Рис. 2. Территориальное деление Иркутской агломерации на расчетные транспортные районы для оценки суммарных объемов генерации передвижений населения (нумерация расчетных транспортных районов: до 3000 — г. Шелехов, до 4000 — г. Ангарск, до 5000 — г. Иркутск, более 5000 — г. Иркутск)

Fig. 2. Territorial division of the Irkutsk agglomeration into transportation analysis zones to estimate the total generation of population movements (numbering of transportation analysis zones up to 3,000 — Shelekhov, up to 4,000 — Angarsk, up to 5,000 — Irkutsk region, over 5,000 — Irkutsk)

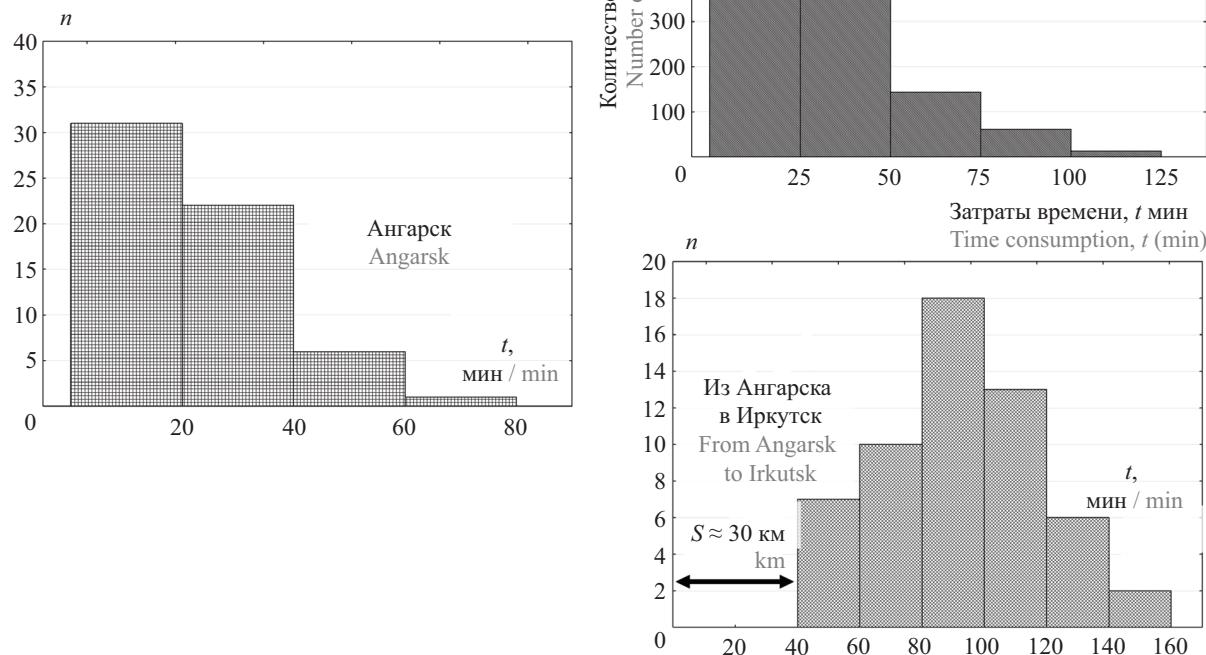


Рис. 3. Результаты изучения транспортного поведения населения Иркутской агломерации на основе опросов суточной мобильности при передвижениях внутри городов агломерации и между ними [10]

Fig. 3. The results of a study of the transport behavior of the population of the Irkutsk agglomeration based on surveys of daily mobility when travelling within and between the cities of the agglomeration [10]

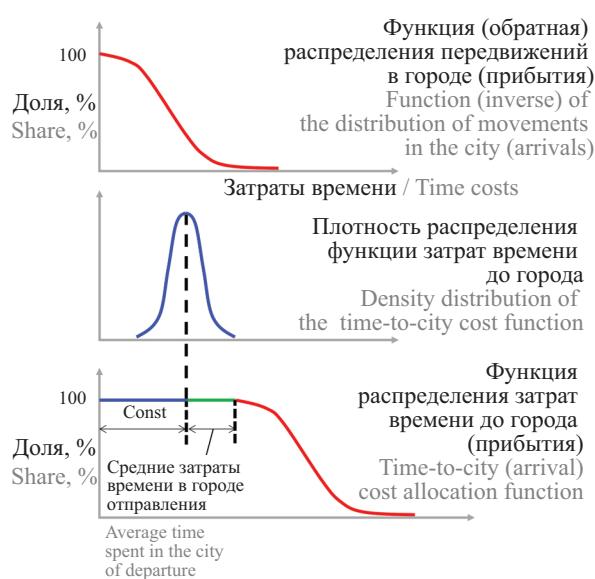


Рис. 4. Формирование функций распределения передвижений между городами

Fig. 4. Forming the functions of the trips' distribution between cities

Еще одной особенностью такой совокупности моделей транспортного спроса агломерации является предлагаемый подход к оценке параметров функций распределений передвижений внутри агломерации (малые муниципальные образования вне крупных городов) и между агломерацией и крупными городами на основе методов восстановления матриц корреспонденций в ТК. Данные методы хорошо изучены и протестированы для решения задач в области планирования мероприятий по активному управлению транспортными потоками вдоль коридоров, разгрузке ТК за счет введения компенсационных мероприятий (планирование нового обхода г. Иркутска — рис. 5), а также для подготовки исходных данных для микромоделирования транспортных потоков на комплексных участках УДС [3, 11, 12].

Описанные выше методы восстановления матриц корреспонденций ранее рассматривались в границах одного коридора. В данном исследовании предлагается подход комбинирования результатов восстановления матриц корреспонденций отдельных коридоров в общую систему транспортного

Совокупность моделей транспортного спроса для построения общей модели агломерации

A set of transport demand models to build a general agglomeration model

Наименование/модель Name/model	Особенности/Параметры Features/Parameters
Город 1 – город 2 City 1 – city 2	1. Территориальные характеристики расчетных районов городов / Territorial characteristics of the design areas of the cities 2. Функции распределений передвижений (по затратам времени) из города отправления в город прибытия / Functions of movements distributions (in terms of time) from the city of departure to the city of arrival 3. Суммарные объемы передвижений из города отправления в город прибытия / Total movements from the city of departure to the city of arrival
Город 2 – город 1 City 2 – city 1	
Город 1 – город 3 City 1 – city 3	
Город 3 – город 1 City 3 – city 1	
Город 2 – город 3 City 2 – city 3	
Город 3 – город 2 City 3 – city 2	
Агломерация (внутри), включая кордоны Agglomeration (inside), including cordons	1. Территориальные характеристики / Territorial characteristics 2. Модель определения объемов передвижений внутри агломерации / A model for determining intra-agglomeration movements volumes 3. Функции распределений передвижений внутри агломерации (вне городов) / Functions of trips distributions within agglomeration (outside cities)
Агломерация (включая кордоны) — города Agglomeration (including cordons) — cities	1. Территориальные характеристики / Territorial characteristics 2. Модель определения объемов передвижений в города в зависимости от удаленности / A model for determining the volume of movements to cities depending on remoteness 3. Функции распределений передвижений из агломерации в городах / Distribution functions of movements from agglomeration to cities
Город 1 (внутри) City 1 (inside)	1. Территориальные характеристики / Territorial characteristics 2. Характеристики транспортного поведения / Characteristics of transportation behavior 3. Детализированная модель спроса, включая дезагрегированные модели оценки суммарных объемов передвижений по прибытию / Detailed demand model, including disaggregated models for estimating total movements volumes on arrival
Город 2 (внутри) City 2 (inside)	
Город 3 (внутри) City 3 (inside)	

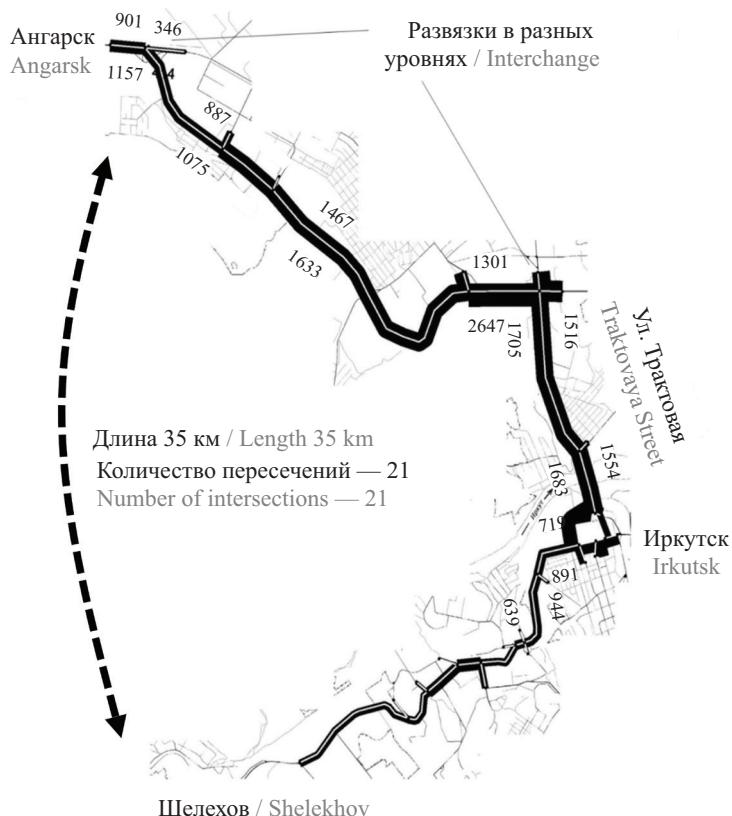


Рис. 5. Применение метода восстановления матрицы корреспонденций по замерам интенсивностей движения, авт/ч, вдоль транспортного коридора для принятия решений по планированию нового ТК в границах Иркутской агломерации в обход г. Иркутска (2009 г.) [11, 12]

Fig. 5. Application of the origin-destination matrix estimation method based on measurements of traffic flows, veh/h, along the transport corridor for making decisions on planning a new transport corridor within the Irkutsk agglomeration bypassing the city of Irkutsk (2009) [11, 12]

спроса внутри агломерации и между агломерацией и крупными городами (рис. 6).

обеспечения и поддержания устойчивого развития территорий, обслуживаемых ТК.

Протяженность коридоров может варьироваться от нескольких километров в городской черте до сотен километров в масштабах региона. Протяженность и особенности ТК могут определять глубину рассмотрения при планировании. При этом территория, необходимая для анализа транспортных эффектов, будет гораздо шире, чем территория в непосредственной близости к коридору.

Одна из актуальных тем исследований — поиск границ ТК, где формируются основные транспортные нагрузки при передвижении пользователей индивидуального, пассажирского, грузового транспорта, а также немоторизированных способов передвижений. В качестве инструментов определения границ коридоров применяются GPS-данные и сведения сотовых операторов о траекториях передвижения населения.

Распределение транспортных потоков по УДС Иркутской агломерации, полученное по результатам транспортного моделирования, позволяет оценить роль участков с наибольшими транспортными нагрузками (рис. 7). Например, участки УДС с интенсивностью движения более 500 авт/ч

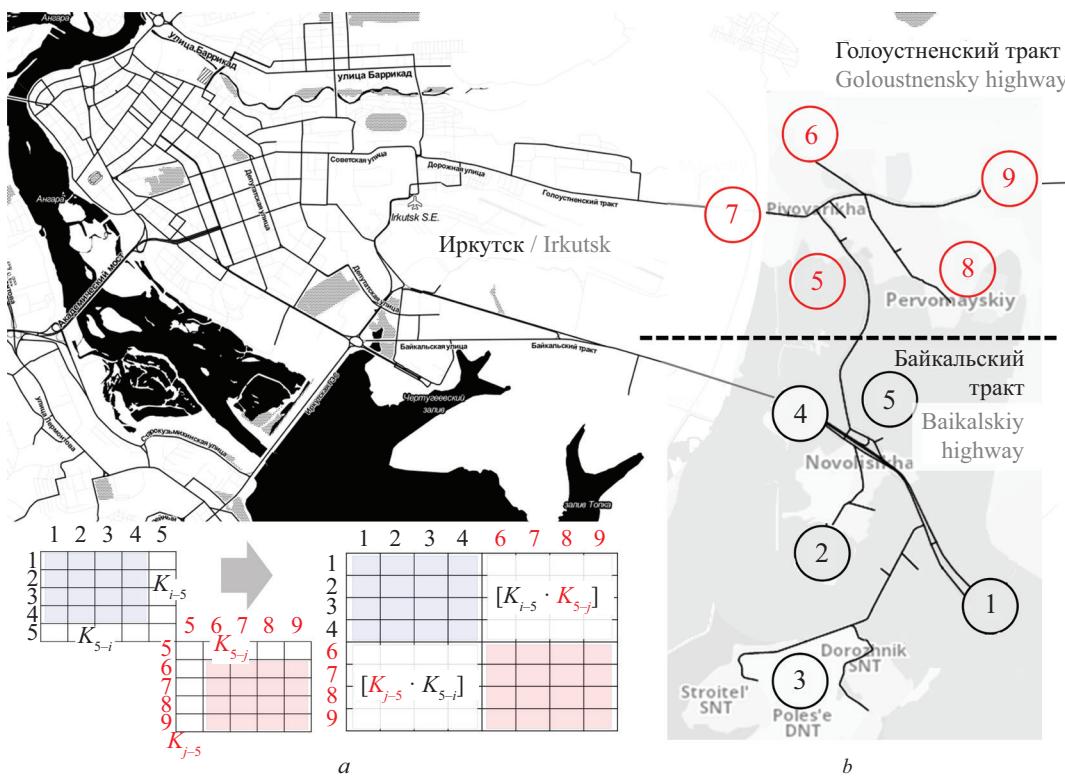


Рис. 6. Подход к формированию единой матрицы корреспонденций для смежных сопряженных транспортных коридоров: *a* — фрагменты двух транспортных коридоров Иркутского района на подходах к Иркутску; *b* — метод перехода от двух оценок матриц корреспонденций отдельных коридоров к единой матрице корреспонденций

Fig. 6. Approach to forming a single correspondence matrix for adjacent contiguous transport corridors: *a* — fragments of two transport corridors of Irkutsk region on the approaches to Irkutsk; *b* — method of transition from two estimates of correspondence matrices of individual corridors to a single correspondence matrix

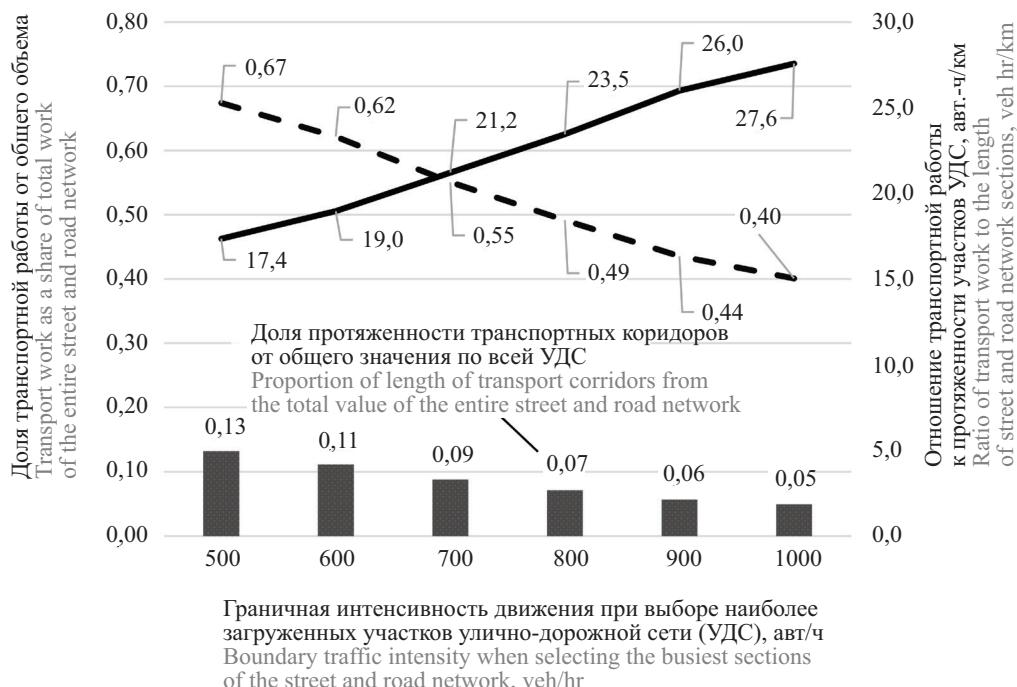


Рис. 7. Анализ работы участков улично-дорожной сети, интенсивность движения на которых в утренний час пик не менее заданного значения, авт/ч

Fig. 7. Analysis of the sections of the roads and streets network, the traffic flows on which in the morning rush hour is not less than the specified value, veh/hr

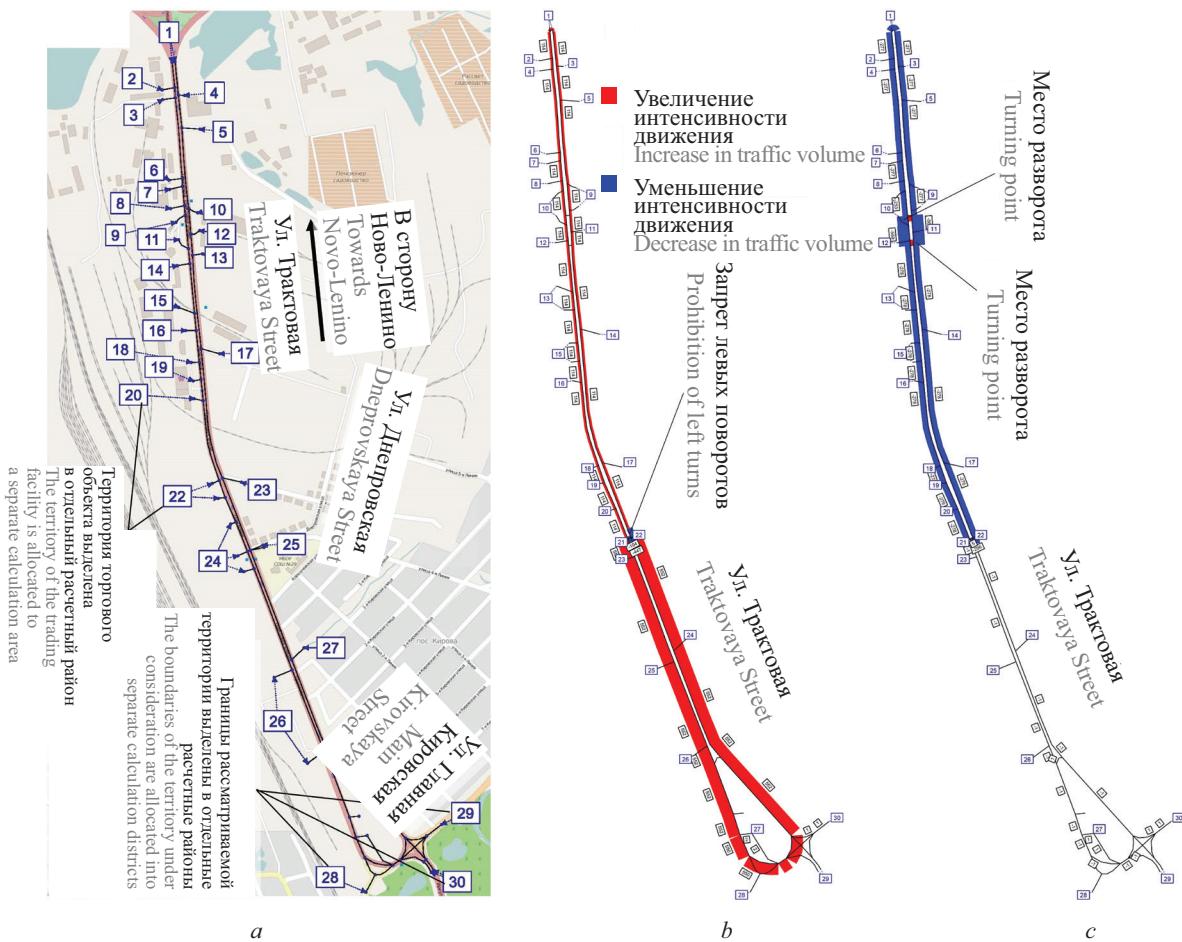


Рис. 8. Анализ транспортных потоков в границах городского коридора на участке ул. Трактовая (г. Иркутск, 2015 г.): *a* — разработка транспортной модели с выбором примыканий и подходов на перекрестках в качестве расчетных транспортных районов; *b* — прирост транспортных нагрузок в случае полного ограничения доступа и увеличения перепробега транспортных средств, обслуживающих крупный торговый объект, авт/ч; *c* — снижение транспортных нагрузок при реализации планировочных решений по организации доступа к территории рассматриваемого торгового объекта, авт/ч

Fig. 8. Analysis of traffic flows within the urban corridor on Traktovaya St. (Irkutsk, 2015): *a* — development of a transport model with the choice of junctions and approaches at intersections as transportation analysis zones; *b* — increase in traffic loads in case of complete limitation of access and increasing overrun of vehicles serving a large retail facility, veh/h; *c* — reduction of transport loads in case of implementation of urban design solutions for access to the territory of the retail facility, veh/h

по протяженности составляют лишь 13 % от общей протяженности всех участков УДС в границах рассматриваемой агломерации, при этом их транспортная работа — 67 % авт.-ч/км. Участки с интенсивностью движения более 1000 авт/ч составляют по протяженности лишь 5 %, но выполняют транспортную работу на 27,6 %.

Таким образом, участки с большими значениями транспортной нагрузки при соотношении с долей занимаемой протяженности имеют большее влияние на общесетевые показатели функционирования транспортной системы агломерации. Определение соответствующего правила выбора граничных значений интенсивностей движения для выделения основных ТК и выявления наиболее важных участков внутри коридоров позволит использовать данные о транспортных потоках в качестве исходной информации для решения указанной задачи,

в том числе данные, полученные в результате транспортного моделирования.

В связи с особой значимостью ТК при выполнении транспортно-градостроительного планирования появился ряд концепций, включая концепции интегрированного управления транспортными коридорами и их обслуживание (Integrated corridor management — ICM); городских коридоров активностей, ориентированных на использование общественного транспорта (Urban activity corridors, transit oriented development — TOD); полноценных улиц и мультимодального уровня обслуживания для учета не только пользователей индивидуального транспорта (Complete streets, multimodal level of service — MMLOS); автоматизированного управления транспортными потоками (Active traffic management — ATM); анализа оценки негативного влияния развивающейся территории на загрузку

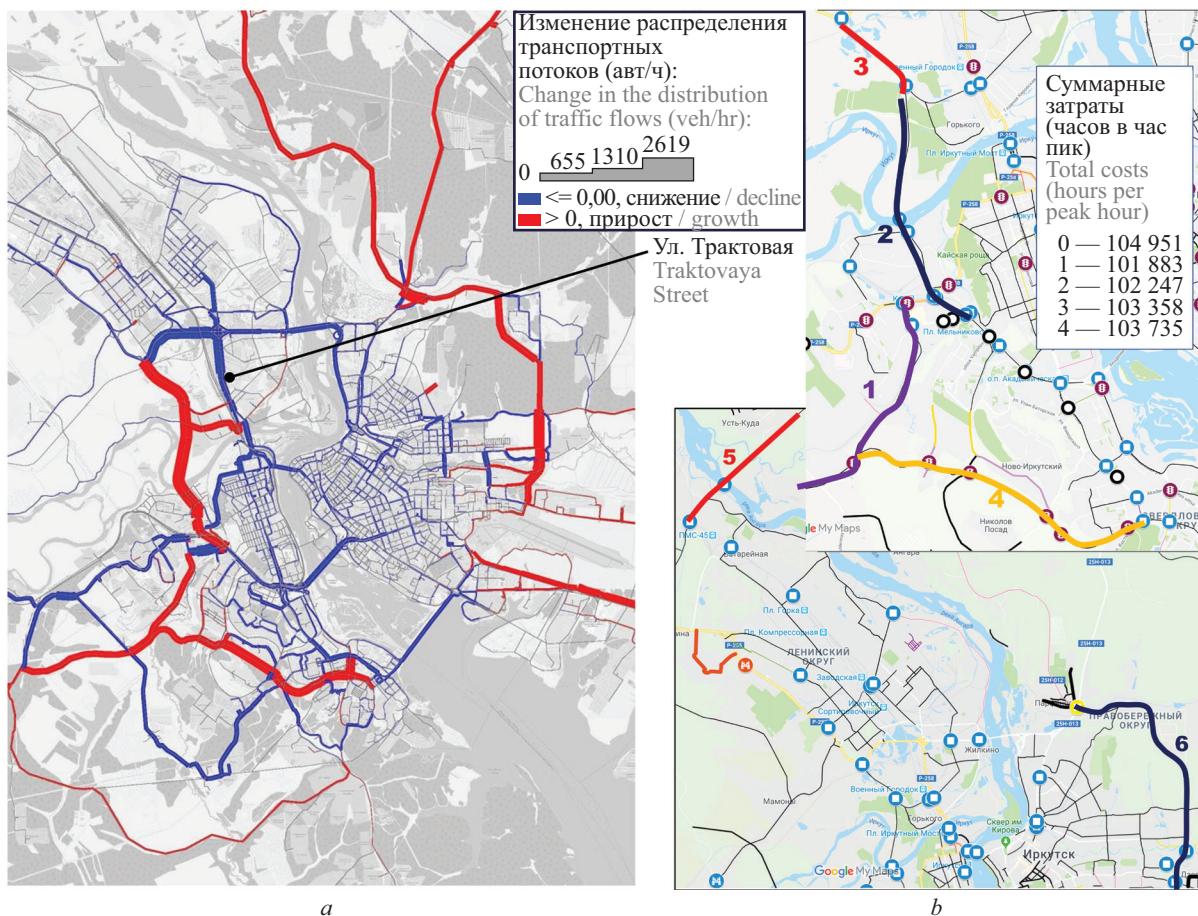


Рис. 9. Разработка мероприятий по формированию новых транспортных коридоров в границах Иркутской агломерации (2018 г.): *a* — анализ изменения транспортных потоков на основе транспортной модели; *b* — очередность мероприятий по результатам анализа эффективности отдельных транспортных коридоров для всей транспортной системы агломерации на основе показателя суммарных затрат времени на передвижения населения

Fig. 9. Development of measures to form new transport corridors within the Irkutsk agglomeration (2018): *a* — analysis of changes in traffic flows based on a transport model; *b* — prioritization of measures based on the results of the efficiency analysis of individual transport corridors for the entire transport system of the agglomeration based on the total amount of time spent on population movements

транспортного коридора (Traffic impact analysis — TIA); регулирования доступа от территории к улично-дорожной сети (Access management, access control). Особенno выделяется область изучения интегрированных территориально-транспортных моделей оценки транспортного спроса (Land-use transportation models — LUTM) [14–23].

Качество планирования мероприятий внутри ТК зависит от уровня детализации соответствующего инструмента, под которым понимается модель оценки транспортного спроса и показателей эффективности работы ТК. На рис. 8 представлены фрагменты моделирования транспортных потоков на участке одного из ключевых ТК г. Иркутска (ул. Трактовая) в рамках решения поиска доступа к территории крупного торгового кластера, расположенного вдоль коридора. Введение полного ограничения левых поворотов за счет обустройства разделительного ограждения привело к увеличению перепробега транспортных средств посетителей

и поставщиков и увеличению транспортной нагрузки коридора. В результате рассмотрения альтернативных вариантов организации доступа выбран оптимальный, который позволил снизить транспортные нагрузки. Планировочное решение коридора определялось на основе полученных транспортных нагрузок (реализовано в 2015 г.).

Следует отметить, что с целью решения описанной выше задачи была разработана модель участка ТК, которая дала возможность оценивать перераспределение потоков лишь в границах его протяженности. Для решения более сложных задач, включая планирование новых ТК и другие случаи, когда требуется детальнее учитывать общегородские и агломерационные эффекты, необходимо наличие городской транспортной модели или модели всей агломерации. На рис. 9 показан результат ранжирования шести планируемых участков ТК агломерации (включая городские обходы). Данные участки были разделены на две группы: первая

(участки 1–4) и вторая очередь (участки 5 и 6), при этом приоритетность реализации участков первой очереди определялась на основе показателей эффективности (затраты времени населения на передвижения), полученных в результате применения транспортной модели Иркутской агломерации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Транспортные коридоры городской агломерации играют ключевую роль в формировании ее границ. Процесс планирования территории, отводимой для размещения в коридоре необходимых транспортных систем, а также для использования

территорий, обслуживаемых ТК, требует наличия соответствующего инструментария в виде транспортных моделей. Уровень детализации таких моделей зависит от сложности решаемой задачи.

Предложенные подходы к формированию транспортной модели агломерации позволяют подготавливать необходимый инструментарий в условиях ограниченных возможностей проведения массовых обследований, а также максимально эффективно использовать имеющиеся транспортные модели, разработанные ранее для отдельных муниципалитетов и транспортных коридоров, объединяя их в единую транспортную модель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Vlasov D.N., Danilina N.V., Terekhova A.I. Public transport transit hubs ranking for sustainable urban development // Contemporary Problems of Architecture and Construction. 2021. Pp. 400–402. DOI: 10.1201/9781003176428-77
2. Михайлов А.Ю. К вопросу выбора политики развития центра Иркутска и реконструкции его улично-дорожной сети // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2004. № 3. С. 37–40. EDN KBEPJZ.
3. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. Новосибирск : Наука, 2004. 267 с. EDN TOHRLL.
4. Yakimov M. Methods for spatial analysis of city structure distribution to estimate city agglomeration boundaries // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. Pp. 794–800. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.080
5. Левашев А., Шаров М., Лебедева О., Лыткина А., Бутузова А., Прокофьева О. и др. Транспортное планирование в развитии Иркутской агломерации // Проект Байкал. 2021. Т. 18. № 70. С. 94–98. DOI: 10.51461/projectbaikal.70.1896. EDN QBYHCB.
6. Левашев А.Г., Павлова О.Р. Управление транспортным спросом для снижения экологического воздействия транспорта на окружающую среду // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 3. С. 109–116. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-3-109-115. EDN JMYGJF.
7. Transportation Planning Handbook, 4th Ed. ITE (Institute of Transportation Engineers), 2016. 1200 p.
8. Öberg M., Nilsson K.L., Johansson C. Major transport corridors: the concept of sustainability in EU documents // Transportation Research Procedia. 2017. Vol. 25. Pp. 3694–3702. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.339
9. Muhammad I., Widyaningsih N. Analysis of determination Transit Oriented Development areas (TOD) at Light Rail Transit (LRT) stations in Palembang City // Astonjadro. 2023. Vol. 12. Issue 1. P. 260. DOI: 10.32832/astonjadro.v12i1.8587
10. Levashev A. Formation of the transport model of urban agglomeration // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 212. P. 05001. DOI: 10.1051/matecconf/201821205001
11. Тебеньков С.Е., Левашев А.Г. Результаты оценки распределения транспортных потоков в транспортных коридорах // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 10 (57). С. 120–127. EDN OIODQT.
12. Levashev A., Mikhailov A., Golovnykh I. Modelling parking based trips // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2013. DOI: 10.2495/SC130912
13. Solodkiy A., Gorev A. Determination of basic factors for the successful implementation of the safe and high-quality roads project // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. Pp. 741–746. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.097
14. Sarri P., Kaparias I., Preston J., Simmonds D. Using Land Use and Transportation Interaction (LUTI) models to determine land use effects from new vehicle transportation technologies; a regional scale of analysis // Transport Policy. 2023. Vol. 135. Pp. 91–111. DOI: 10.1016/j.tranpol.2023.03.012
15. Anjomani A. An integrated land-use/transportation forecasting and planning model: A metropolitan planning support system // Journal of Transport and Land Use. 2021. Vol. 14. Issue 1. Pp. 65–86. DOI: 10.5198/jtlu.2021.1412
16. Kuehn N., Ziemke D., Moeckel R. Traffic noise feedback in agent-based Integrated Land-Use/Transport Models // Journal of Transport and Land Use. 2021. Vol. 14. Issue 1. DOI: 10.5198/jtlu.2021.1852
17. Levashev A. Application of geoinformation technologies for the transportation demand estimation // Transportation Research Procedia. 2017. Vol. 20. Pp. 406–411. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.066

18. Levashev A., Mikhailov A., Sharov M. Special generators in tasks of transportation demand assessment // *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol. 36. Pp. 434–439. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.119
19. Levashev A., Pavlova O., Sokolova N., Chelpanova I. Principles of allocation of special transportation analysis zones // *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 68. Pp. 876–883. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.124
20. Altan M., Ayözen Y.E. The effect of the size of traffic analysis zones on the quality of transport demand forecasts and travel assignments // *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2018. DOI: 10.3311/PPci.11885
21. Chen Y., Zhang Z., Liang T. Assessing urban travel patterns: An analysis of traffic analysis zone-based mobility patterns // *Sustainability*. 2019. Vol. 11. Issue 19. P. 5452. DOI: 10.3390/su11195452
22. Soltani A. The influence of urban physical form on trip generation, evidence from metropolitan shiraz, Iran // *Indian Journal of Science and Technology*. 2011. Vol. 4. Issue 9. Pp. 1168–1174. DOI: 10.17485/ijst/2011/v4i9.24
23. Wang S., Sun L., Rong J., Yang Z. Transit Traffic Analysis Zone Delineating Method Based on Thiessen Polygon // *Sustainability*. 2014. Vol. 6. Issue 4. Pp. 1821–1832. DOI: 10.3390/su6041821

Поступила в редакцию 26 июня 2023 г.

Принята в доработанном виде 6 августа 2023 г.

Одобрена для публикации 6 августа 2023 г.

О Б А В Т О Р Е: Алексей Георгиевич Левашев — кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта; Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ); 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, РИНЦ ID: 366053, Scopus: 56067264100, ResearcherID: 11677702, ORCID: 0000-0002-9989-6497; alexey.levashev@tl-istu.com.

REFERENCES

1. Vlasov D.N., Danilina N.V., Terekhova A.I. Public transport transit hubs ranking for sustainable urban development. *Contemporary Problems of Architecture and Construction*. 2021; 400-402. DOI: 10.1201/9781003176428-77
2. Mikhailov A.Yu. About choosing development policy of Irkutsk center and its street and road network reconstruction. *Proceedings of the Irkutsk State Academy of Economics*. 2004; 3:37-40. EDN KBEPJZ. (rus.).
3. Mikhailov A.Y., Golovnykh I.M. *Modern tendencies of design and reconstruction of street-road networks of cities*. Novosibirsk, Nauka, 2004; 267. EDN TOHLL. (rus.).
4. Yakimov M. Methods for spatial analysis of city structure distribution to estimate city agglomeration boundaries. *Transportation Research Procedia*. 2018; 36:794-800. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.080
5. Levashev A., Sharov M., Lebedeva O., Lytkina A., Butuzova A., Prokofieva O., et al. The role of transport planning in the sustainable development of the Irkutsk agglomeration. *Project Baikal*. 2021; 18(70):94-98. DOI: 10.51461/projectbaikal.70.1896. EDN QBYHCB. (rus.).
6. Levashev A.G., Pavlova O.R. Transportation demand management to reduce environmental impact of transport. *Ecology of urbanized territories*. 2021; 3:109-116. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-3-109-115. EDN JMYGJF. (rus.).
7. *Transportation Planning Handbook, 4th Edition*. ITE (Institute of Transportation Engineers), 2016; 1200.
8. Öberg M., Nilsson K.L., Johansson C. Major transport corridors: the concept of sustainability in EU documents. *Transportation Research Procedia*. 2017; 25:3694-3702. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.339
9. Muhammad I., Widyaningsih N. Analysis of determination Transit Oriented Development areas (TOD) at Light Rail Transit (LRT) stations in Palembang City. *Astonjadro*. 2023; 12(1):260. DOI: 10.32832/astonjadro.v12i1.8587
10. Levashev A. Formation of the transport model of urban agglomeration. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 212:05001. DOI: 10.1051/matecconf/201821205001
11. Tebenkov S., Levashev A. Assessment results of traffic flows distribution in transport corridors. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2011; 10(57):120-127. EDN OIODQT. (rus.).
12. Levashev A., Mikhailov A., Golovnykh I. Modelling parking based trips. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2013. DOI: 10.2495/SC130912
13. Solodkiy A., Gorev A. Determination of basic factors for the successful implementation of the safe and high-quality roads project. *Transportation Research Procedia*. 2018; 36:741-746. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.097
14. Sarri P., Kaparias I., Preston J., Simmonds D. Using Land Use and Transportation Interaction (LUTI) models to determine land use effects from new vehicle transportation technologies; a regional scale of analysis. *Transport Policy*. 2023; 135:91-111. DOI: 10.1016/j.tranpol.2023.03.012
15. Anjomani A. An integrated land-use/transportation forecasting and planning model: A metropolitan planning support system. *Journal of Transport and Land Use*. 2021; 14(1):65-86. DOI: 10.5198/jtlu.2021.1412
16. Kuehnel N., Ziemke D., Moeckel R. Traffic noise feedback in agent-based Integrated Land-Use/

Transport Models. *Journal of Transport and Land Use*. 2021; 14(1). DOI: 10.5198/jtlu.2021.1852

17. Levashev A. Application of geoinformation technologies for the transportation demand estimation. *Transportation Research Procedia*. 2017; 20:406-411. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.066

18. Levashev A., Mikhailov A., Sharov M. Special generators in tasks of transportation demand assessment. *Transportation Research Procedia*. 2018; 36:434-439. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.119

19. Levashev A., Pavlova O., Sokolova N., Chelpanova I. Principles of allocation of special transportation analysis zones. *Transportation Research Procedia*. 2023; 68:876-883. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.124

20. Altan M., Ayözen Y.E. The effect of the size of traffic analysis zones on the quality of transport

demand forecasts and travel assignments. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2018. DOI: 10.3311/PPci.11885

21. Chen Y., Zhang Z., Liang T. Assessing urban travel patterns: An analysis of traffic analysis zone-based mobility patterns. *Sustainability*. 2019; 11(19):5452. DOI: 10.3390/su11195452

22. Soltani A. The influence of urban physical form on trip generation, evidence from metropolitan Shiraz, Iran. *Indian Journal of Science and Technology*. 2011; 4(9):1168-1174. DOI: 10.17485/ijst/2011/v4i9.24

23. Wang S., Sun L., Rong J., Yang Z. Transit traffic analysis zone delineating method based on Thiessen polygon. *Sustainability*. 2014; 6(4):1821-1832. DOI: 10.3390/su6041821

Received June 26, 2023.

Adopted in revised form on August 6, 2023.

Approved for publication on August 6, 2023.

BIO NOTES: Alexey G. Levashev — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automotive Transport; Irkutsk National Research Technical University (INRTU); 83 Lermontova st., Irkutsk, 664074, Russian Federation; ID RSCI: 366053, Scopus: 56067264100, ResearcherID: 11677702, ORCID: 0000-0002-9989-6497; alexey.levashev@tl-istu.com.