

УДК 911.3

*В.П. Сидоров, П.Ю. Ситников***ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА**

Транспортная система представляет собой один из важнейших элементов социально-экономического комплекса любого населенного пункта. Городской пассажирский транспорт определяет мобильность населения города и пригородов, создает конфигурацию и влияет на географические направления роста городов и их пригородов, городских агломераций, прочих населенных пунктов. Совершенствовать работу городского пассажирского транспорта можно путем более эффективного использования и рационального распределения его потенциала. В то же время транспортная система больших городов структурно очень сложна, поэтому всегда существует проблема выбора показателя рациональной организации работы городского пассажирского транспорта. Объектом исследования в работе послужил городской пассажирский транспорт г. Ижевска. В качестве показателя рациональной организации работы транспорта была выбрана транспортная доступность. Были выбраны и сконструированы показатели транспортной доступности и рассчитаны два ее варианта: транспортная доступность микрорайонов г. Ижевска к остановочным пунктам общественного транспорта и транспортно-пешеходная доступность микрорайонов г. Ижевска относительно общегородского транспортного центра. На основании расчетов были выделены проблемные участки города, отличающиеся низкой транспортной доступностью, и, соответственно, требующие повышения уровня обеспеченности потенциалом городского пассажирского транспорта.

*Ключевые слова:* транспортная система, городской пассажирский транспорт, рациональная организация, транспортная доступность, методика оценки.

Территориальная транспортная система представляет собой один из важнейших элементов социально-экономического комплекса любой страны или населенного пункта. Транспортная сеть в значительной степени определяет конфигурацию систем хозяйства и расселения, то есть всей территориальной общественной системы [1-4].

Городской пассажирский транспорт не является в этом плане исключением. Именно он определяет мобильность населения города и пригородов; «конфигурирует» формы и регулирует границы городских районов и микрорайонов; влияет на географические направления роста городов и их пригородов, городских агломераций, прочих населенных пунктов [5]. От конфигурации маршрутной сети городского пассажирского транспорта зависят транспортная доступность и транспортно-географическое положение районов и микрорайонов города, жилых, производственных, торговых и коммунальных объектов, учреждений образования и здравоохранения [6].

Совершенствовать работу транспорта (как, впрочем, любой другой социально-экономической системы) можно путем более эффективного использования и рационального распределения его потенциала [7; 8]. В то же время транспортная система больших городов структурно очень сложна, поэтому всегда существует проблема выбора *критерия (показателя)* рациональной организации работы городского пассажирского транспорта.

Цели проведенного исследования:

– разработка или совершенствование методических приемов оценки транспортно-пешеходной доступности;

– оценка транспортно-пешеходной доступности остановочных пунктов и микрорайонов города Ижевска как критерия рациональной организации работы городского пассажирского транспорта.

Систему городского пассажирского транспорта Ижевска формируют электрический (трамвай и троллейбус), автомобильный и водный виды. В настоящее время по 11-ти трамвайным маршрутам курсирует ежедневно более 140 трамвайных вагонов. Суммарная протяженность трамвайных маршрутов около 240 км. При общей площади города, равной 315,5 км<sup>2</sup>, густота трамвайной сети составляет 0,75 км/км<sup>2</sup>. По 8-ми троллейбусным маршрутам курсирует почти 170 троллейбусов. Общая протяженность троллейбусных маршрутов равна примерно 250 км, густота троллейбусной сети составляет 0,79 км/км<sup>2</sup>. В Ижевске функционирует более 30 внутригородских автобусных маршрутов с общей протяженностью маршрутной сети – более 350 км. Густота автобусной сети для всей территории города составляет около 0,95 км/км<sup>2</sup>. Перевозки осуществляют более 600 автобусов. В структуру городского пассажирского транспорта входит и водный (озерно-речной – сезонный) транспорт Ижевска. На Ижевском пруду функционирует в навигацию маршрут протяженностью 14 км. Перевозки осуществляют 3 судна – теплоходы. Курсируют суда в период с мая по октябрь [5].

## Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования выбран городской пассажирский транспорт г. Ижевска. Предмет – рациональность организации его работы.

В соответствии с поставленными целями на первом этапе были разработаны или доработаны методы расчетов транспортной доступности.

*Методы оценки транспортно-пешеходной доступности микрорайонов, медицинских и других (социально значимых) учреждений города Ижевска к остановочным пунктам общественного транспорта.*

Доступность объектов транспортной (и не только транспортной) инфраструктуры характеризует первичный уровень транспортной обеспеченности. Особенно это значимо для крупных населенных пунктов, где время перемещения к местам занятости, проживания и обслуживания определяет в значительной степени саму их территориальную планировку. Эти показатели отражают отсутствие или наличие данного вида услуг на территории и степень их доступности, которая выражается через удаленность во времени<sup>1</sup>.

Удаленность от транспортной инфраструктуры (и в первую очередь от сети городского пассажирского транспорта) может рассчитываться от разных элементов с учетом разной детальности, что зависит от объекта, целей и масштаба исследования [9].

При крупномасштабном исследовании и картографировании важно не только показывать удаленность от точки непосредственного доступа к транспортным услугам (остановочного пункта и т.д.), но и рассчитывать ее не по прямой линии, а с учетом реальных маршрутов (для городских территорий) или с учетом проходимости местности (для незастроенной территории).

В конкретном случае была оценена доступность (удаленность во времени) остановок наземного пассажирского транспорта, так как эти объекты являются точками для доступа к транспортным услугам.

Доступность остановок общественного транспорта характеризует локальный уровень обеспеченности транспортными услугами. Маршруты наземного общественного транспорта покрывают город наиболее плотной сетью, поэтому доступность остановок наземного общественного транспорта является минимальным необходимым условием для пользования транспортными услугами.

Для моделирования доступности был использован метод оценки пространственного разграничения. Метод оценки пространственного разграничения подразумевает расчет сложности преодоления пространства, разделяющего начальный и конечный пункт. В качестве меры преодоления пространства было использовано время [9].

Множество начальных пунктов, от которых была рассчитана доступность – это центроиды всех кварталов, имеющих сквозной проезд. Всего на территории Ижевска было выделено 1605 кварталов общей площадью 55,4 км<sup>2</sup>.

При моделировании была использована «парная» доступность – от одной до другой точки, то есть для каждого центроида жилого дома определяется расстояние только до ближайшего остановочного пункта.

Доступность измеряется в минутах, потраченных человеком для преодоления расстояния от центроида квартала до ближайшего остановочного пункта.

Доступность рассчитывается по формуле (1):

$$T = s/v, \quad (1)$$

где  $T$  – доступность (в минутах),  $s$  – расстояние от центроида квартала до ближайшего остановочного пункта с учетом реальных маршрутов (в метрах),  $v$  – средняя скорость человека (при расчетах использовалась средняя скорость 83,3 м/мин).

Для распределения участков города Ижевска по группам необходимо определить их количество. Для определения количества групп была использована формула (2):

$$k = 2 \ln n, \quad (2)$$

где:  $k$  – количество групп,  $n$  – количество объектов.

Для разбивки необходимо рассчитать шаг. Шаг рассчитывается по формуле (3):

<sup>1</sup> СНиП 2.07.01-89\* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Актуализированная редакция. М.: ОАО «ЦПП». 110 с.

$$\lambda = \frac{\max - \min}{k}, \quad (3)$$

где  $\max$  – максимальное значение показателя,  $\min$  – минимальное значение показателя,  $k$  – количество групп.

*Методы оценки транспортно-пешеходной доступности микрорайонов города относительно общегородского транспортного центра.*

Для расчета транспортно-пешеходной доступности микрорайонов города Ижевска относительно общегородского транспортного центра (по сети городского пассажирского транспорта) были использованы нижеследующие формулы (4-9).

Транспортно-пешеходная доступность до конечных остановочных пунктов городского пассажирского транспорта была рассчитана по формуле (4):

$$D_i^k = \frac{t_{об}}{2} + 0,5I \quad (4)$$

где  $D_i^k$  – транспортно-пешеходная доступность  $i$ -го оценочного участка, в котором расположен конечный остановочный пункт городского пассажирского транспорта (в минутах);  $t_{об}$  – время обратного рейса самого быстрого вида транспорта (или среднее время оборота рейсов всех видов и маршрутов городского пассажирского транспорта, чьи конечные остановочные пункты расположены в  $i$ -том оценочном участке);  $I$  – интервал движения городского пассажирского транспорта (или средний интервал движения по всем маршрутам).

Транспортно-пешеходная доступность до других оценочных участков была рассчитана по формуле (5):

$$D_i = \frac{\overline{V}_{экс}}{L_i} + 0,5I + \Pi_i, \quad (5)$$

где  $D_i$  – транспортно-пешеходная доступность  $i$ -го оценочного участка в минутах;  $L_i$  – средняя эксплуатационная скорость видов и маршрутов городского пассажирского транспорта, функционирующих на данном направлении (км/час) (или просто эксплуатационная скорость, если на данном направлении функционирует один маршрут городского пассажирского транспорта, или эксплуатационная скорость максимальная по всем маршрутам и видам при условии, что маршрут с максимальной эксплуатационной скоростью имеет наименьший интервал движения);  $I$  – интервал движения (или средний интервал движения по всем маршрутам);  $\Pi_i$  – пешеходная доступность  $i$ -го оценочного участка относительно ближайшего остановочного пункта (в минутах ходьбы) (см. формулу (6):

$$\Pi_i = \frac{800 \text{ м/мин.}}{l_i} \quad (6),$$

где  $l_i$  – расстояние в метрах до ближайшего остановочного пункта городского пассажирского транспорта.

Формулы расчета транспортно-пешеходной доступности (по сети городского пассажирского транспорта) (7-9).

Транспортно-пешеходная доступность до конечных остановочных пунктов городского пассажирского транспорта (7):

$$D_i^k = \frac{t_{об}}{2} + 0,5I, \quad (7)$$

где  $D_i^k$  – ТПД  $i$ -го оценочного участка, в котором расположен конечный остановочный пункт городского пассажирского транспорта (в минутах);  $t_{об}$  – время обратного рейса самого быстрого вида транспорта (или среднее время оборота рейсов всех видов и маршрутов городского пассажирского транспорта, чьи конечные остановочные пункты расположены в  $i$ -том оценочном участке);  $I$  – интервал движения городского пассажирского транспорта (или средний интервал движения по всем маршрутам).

Транспортно-пешеходная доступность до других оценочных участков рассчитывалась по формуле (8):

$$D_i = \frac{\overline{V}_{экс}}{L_i} + 0,5I + \Pi_i, \quad (8)$$

где  $D_i$  – транспортно-пешеходная доступность  $i$ -го оценочного участка в минутах;  $L_i$  – средняя эксплуатационная скорость видов и маршрутов городского пассажирского транспорта, функционирующих на данном направлении (км/час) (или просто эксплуатационная скорость, если на данном направлении функционирует один маршрут городского пассажирского транспорта, или эксплуатационная скорость, максимальная по всем маршрутам и видам при условии, что маршрут с максимальной эксплуатационной скоростью имеет наименьший интервал движения);  $I$  – интервал движения (или средний интервал

движения по всем маршрутам); – пешеходная доступность  $i$ -го оценочного участка относительно ближайшего остановочного пункта (в минутах ходьбы), которая рассчитывалась по формуле (9):

$$П_i = \frac{800 \text{ м/мин.}}{l_i}, \quad (9)$$

где  $l_i$  – расстояние в метрах до ближайшего остановочного пункта городского пассажирского транспорта.

Вышеуказанный методический аппарат оценки транспортно-пешеходной доступности был использован в 2016 г. в работе «Исследование пассажиропотока и совершенствование организации маршрутных перевозок пассажирским транспортом на территории города Ижевска в целях подготовки документа планирования», проведенной по заказу Управления по благоустройству и транспорту города Ижевска [5].

### Результаты и их обсуждение

В соответствии с разработанной методикой проведен расчет времени до ближайшей остановки общественного транспорта для каждого квартала, были определены среднее значение доступности для каждой ячейки селитебной территории. Размер ячейки – 100 на 100 м. Визуализация данных проводилась методом IDW-интерполяции и представлена картосхемами на рис. 1, 2.

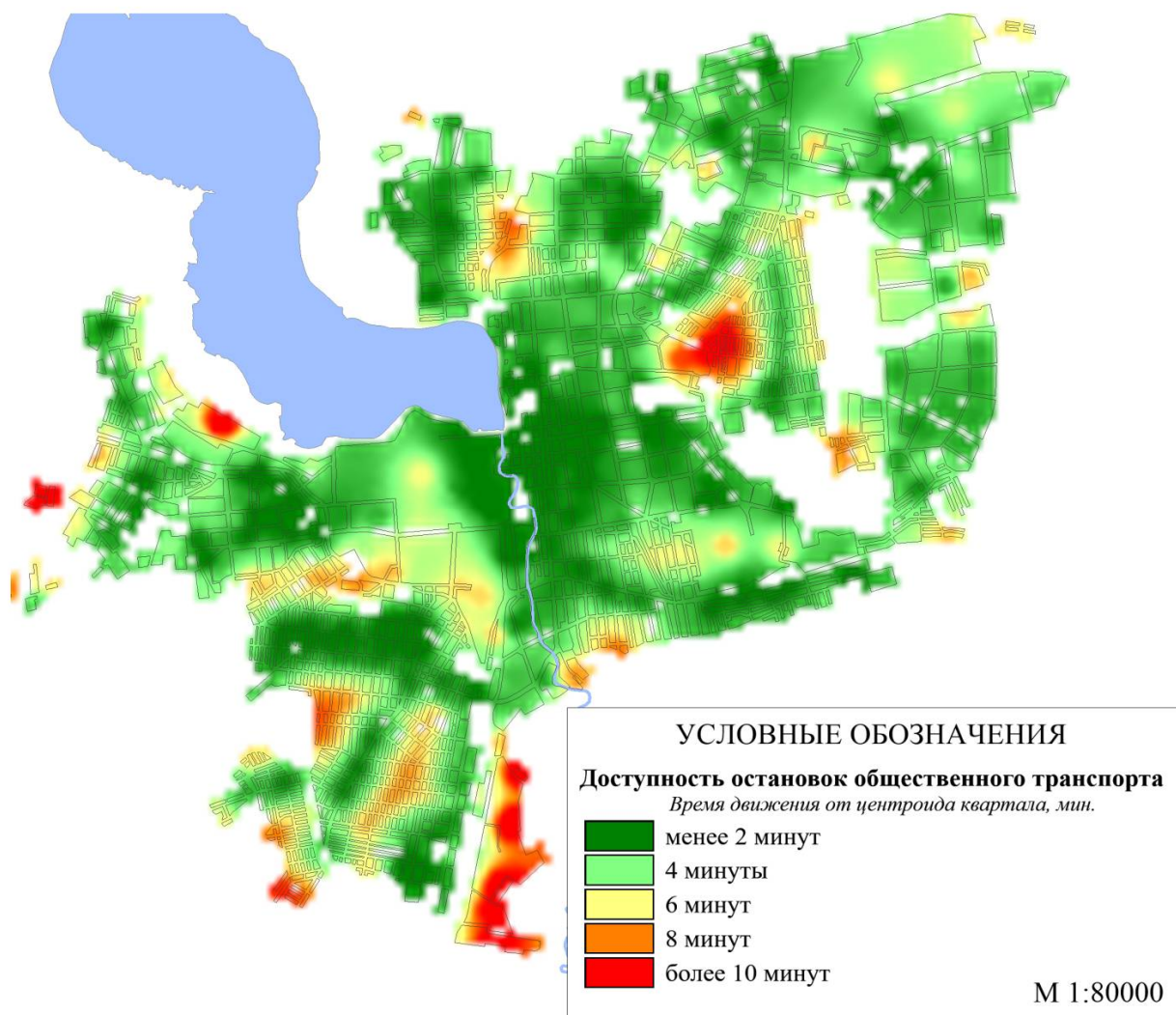


Рис. 1. Доступность остановок городского общественного транспорта в минутах<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Белым цветом на карте показаны территории, не имеющие сплошной застройки, для которых доступность не рассчитывалась.

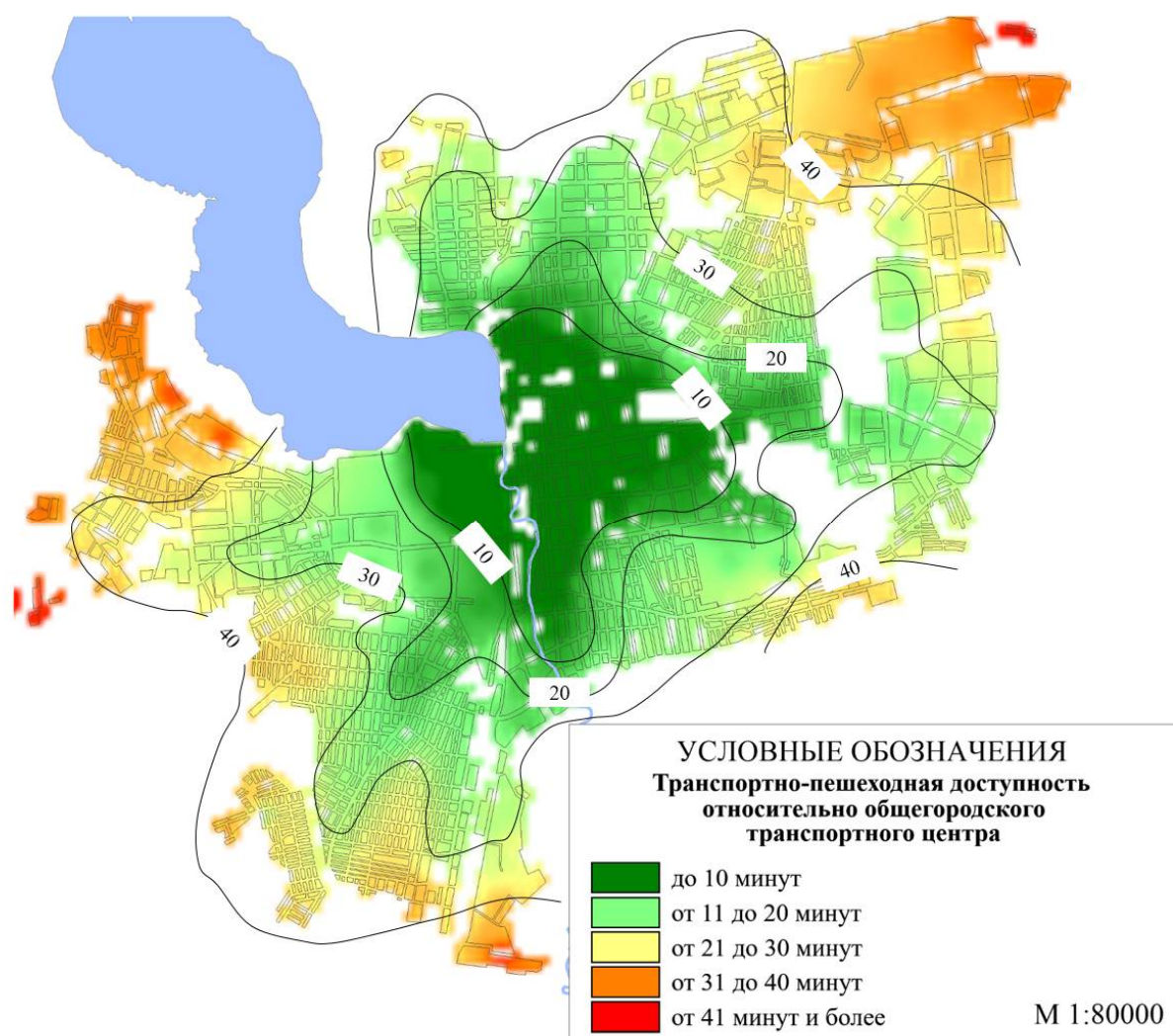


Рис. 2. Изохроны транспортно-пешеходной доступности относительно общегородского транспортного центра

Анализ доступности остановок городского пассажирского транспорта проводился на основании действующих строительных норм и правил. Согласно СНиП 2.07.01-89\*, дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного пассажирского транспорта следует принимать не более 500 м. В общегородском центре дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного пассажирского транспорта от объектов массового посещения должна быть не более 250 м; в производственных и коммунально-складских зонах – не более 400 м от проходных предприятий; в зонах массового отдыха и спорта – не более 800 м от главного входа. В районах индивидуальной усадебной застройки дальность пешеходных подходов к ближайшей остановке общественного транспорта может быть увеличена в больших, крупных и крупнейших городах до 600 м.

В Ижевске данные нормативы исполняются в большей части территории.

Как проблемные, с позиции доступности остановок общественного транспорта, были определены 25 участков территории города: 5 – в Индустриальном районе; 3 – в Октябрьском районе; 5 в Устиновском районе; 5 – в Первомайском районе; 7 – в Ленинском районе.

Общая площадь выявленных проблемных участков (площадь кварталов, расстояние от центра до ближайшей остановки превышает 600 м) равна 9,7 км<sup>2</sup>, что составляет 17% от общей застроенной площади города. Примерно одна треть таких участков приходится на отдаленные участки города (поселки Воложка, Игерман, Смирново, Люлли, с. Орловское, микрорайон «Горка»). Внутри городской территории проблемные участки чаще всего представлены индивидуальной жилой застройкой.

На основании географии проблемных участков в Ижевске была сформулирована часть рекомендаций, которые Управление по благоустройству и транспорту города передало в Ижевское производственное объединение пассажирского автотранспорта и в муниципальное предприятие Ижевского городского электротранспорта для изучения и реализации.

### Заключение

Проведенное исследование показало относительно высокий (по сравнению со многими другими крупными городами России) уровень развития и территориальной организации системы городского пассажирского транспорта г. Ижевска. Подтверждением чего является высокая транспортная доступность остановок общественного транспорта (см. рис. 1) в наиболее густозаселенных микрорайонах города. При этом транспортно-пешеходная доступность является объективным и точным показателем рациональности организации работы городского пассажирского транспорта. Существуют или могут быть созданы методические приемы количественной оценки транспортно-пешеходной доступности отдельных территорий или точек, что было апробировано нами на примере г. Ижевск. Показатели транспортно-пешеходной доступности могут использоваться как соответствующими транспортными службами города для совершенствования их работы, так и другими, не связанными с транспортным обслуживанием, предприятиями и учреждениям для создания более благоприятной среды обитания своих работников.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугроменко В.Н. Транспорт в территориальных системах. М.: Наука, 1987. 110 с.
2. Гольц Г.А. Транспорт и расселение. М.: Наука, 1981. 248 с.
3. Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей: методы анализа топологических закономерностей. М.: ИГАН, 1989. 221 с.
4. Сидоров В.П. Проблемы и перспективы отечественной географии транспорта // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. Вып. 4. С. 149-151.
5. Исследование пассажиропотока и совершенствование организации маршрутных перевозок пассажирским транспортом на территории города Ижевска в целях подготовки документа планирования: Отчет о научно-исследовательской работе (рукопись) / Н.В. Догадина, А.А. Кашин, А.Ф. Кудрявцев и др.; под ред. В.П. Сидорова. Т. 2 Ижевск, 2016. 33 с.
6. Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск: Универсум, 2005. 384 с.
7. Сидоров В.П. Территориальная организация городского транспорта (на примере г. Ижевск) // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика: Сб. науч. ст. Смоленск: Универсум, 2016. С. 483-488.
8. Сидоров В.П. Территориальное распределение ресурсов пассажирского транспорта – методы оценки // Территориальные аспекты перехода к рыночной экономике. Р.н/Д., 1991. С.154-156.
9. Сомов Э.В., Ушакова Л.А. Картографическая оценка транспортной доступности территории и ее влияние на стоимость аренды жилья (на примере Юго-Западного административного округа г. Москвы). Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 80-86.

Поступила в редакцию 25.09.17

*V.P. Sidorov, P.Yu. Sitnikov*

### TRANSPORT ACCESSIBILITY AS AN INDICATOR OF RATIONAL ORGANIZATION OF URBAN PASSENGER TRANSPORT

A transport system is one of the most important elements of a social and economic complex of any locality. Urban passenger transport determines the mobility of population of the city and suburbs, creates a configuration and affects the geographical directions of growth of cities and their suburbs, urban agglomerations, other settlements. The work of urban passenger transport can be improved through more efficient use and rational distribution of its potential. At the same time, a transport system of large cities is very structurally complex. Therefore, there is always a problem of choosing an indicator of rational organization of urban passenger transport. The urban passenger transport of the city of Izhevsk was chosen as an object of research. The transport accessibility was chosen as a measure of rational organization of transport. The indicators of transport accessibility were chosen and designed and its two options were calculated: transport accessibility of the microdistricts of Izhevsk to the stops of public transport and transport-and-pedestrian accessibility of the microdistricts of Izhevsk relative to the city's transport center. The problem areas of the

city were identified on the basis of calculations. The problem areas are characterized by the low transport availability and require an increase in the level of provision of urban passenger transport capacity.

*Keywords:* transport system, urban passenger transport, rational organization, transport accessibility, technique of the estimation.

## REFERENCE

1. Bugromenko V.N. Transport v territorial'nyh sistemah [Transport in territorial systems], M.: Nauka, 1987, 110 p. (in Russ.).
2. Gol'c G.A. Transport i rasselenie [Transport and resettlement], M.: Nauka, 1981, 248 p. (in Russ.).
3. Tarhov S.A. Evoljucionnaja morfologija transportnyh setej: metody analiza topologicheskikh zakonomernostej [Evolutionary morphology of transport networks: methods for analyzing topological patterns], M.: IGAN, 1989, 221 p. (in Russ.).
4. Sidorov V.P. [Problems and prospects of the domestic geography of transport], in Vestn. Udm. un-ta. Ser. Biologija. Nauki o Zemle, 2012, iss. 4, pp. 149-151 (in Russ.).
5. Issledovanie passazhiropotoka i sovershenstvovanie organizacii marshrutnyh perevozok passazhirskim transportom na territorii goroda Izhevskaja v celjah podgotovki dokumenta planirovanija // Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote. Tom 2 / Dogadina N.V., Kashin A.A., Kudrjavcev A.F. i dr.; pod red. V.P. Sidorova. Izhevsk, 2016. 33 p. (in Russ.).
6. Tarhov S. A. }voljucionnaja morfologija transportnyh setej. Smolensk: Universum, 2005. 384 p. (in Russ.).
7. Sidorov V.P. Territorial'naja organizacija gorodskogo transporta (na primere g. Izhevsk) // Social'no-ekonomicheskaja geografija: istorija, teorija, metody, praktika. Sbornik nauchnyh statej. Smolensk: Universum, 2016. S. 483-488 (in Russ.).
8. Sidorov V.P. Territorial'noe raspredelenie resursov passazhirskogo transporta – metody ocenki // Territorial'nye aspekty perehoda k rynochnoj ]konomike. Rostov-na-Donu, 1991. S.154-156 (in Russ.).
9. Somov E.V., Ushakova L.A. Kartograficheskaya ocenka transportnoj dostupnosti territorii i ee vliyanie na stoimost' arendy zhil'ya (na primere Yugo-Zapadnogo administrativnogo okruga g. Moskvy). Rostov-na-Donu: Izd-vo YUNC RAN, 2010. pp. 80–86. (in Russ.).

Сидоров Валерий Петрович,  
кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой  
физической и общественной географии  
E-mail: sidorov@udm.ru

Ситников Павел Юрьевич,  
аспирант кафедры экологии и природопользования  
E-mail: sitnikov-geo@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1

Sidorov V.P.,  
Candidate of Geography, Associate Professor,  
Head of Department physical and social geography  
E-mail: sidorov@udm.ru

Sitnikov P.Yu., postgraduate student  
at Department of Ecology and Nature Management  
E-mail: sitnikov-geo@yandex.ru

Udmurt State University  
462034, Russia, Izhevsk, Universitetskaya st., 1