

**ИЗМЕНЕНИЯ  
В ПРОСТРАНСТВЕННОМ  
РАСПРЕДЕЛЕНИИ  
НАСЕЛЕНИЯ И ДОРОЖНОЙ  
СЕТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

*Л. Сяолин*<sup>\*</sup>  
*А. А. Анохин*<sup>\*\*</sup>  
*А. В. Шендрик*<sup>\*\*</sup>  
*С. Чунлянь*<sup>\*\*\*</sup>



---

<sup>\*</sup> Северо-Восточный педагогический университет,  
130024, Китай, Чанчунь,  
ул. Ренмин, 5268

<sup>\*\*</sup> Санкт-Петербургский  
государственный университет  
199034, Россия, Санкт-Петербург,  
Университетская наб., 7/9.

<sup>\*\*\*</sup> Северо-Восточный университет  
Китая  
110819, Китай, Шэньян,  
ул. Вэньхуа, 3—11.

Поступила в редакцию 17.08.2016 г.

doi: 10.5922/2074-9848-2016-4-4

© Сяолин Л., Анохин А. А.,  
Шендрик А. В., Чунлянь С., 2016

*Изучаются актуальные проблемы взаимосвязи размещения населения с центральностью транспортной сети за период с 2002 по 2015 г. Исследование проводилось с использованием методов определения гравитационного центра населения, построения эллипса стандартных отклонений и ядерной оценки плотности (kernel density estimation). Центральность транспортной сети города анализировалась на основе модели оценки множественной центральности (Multiple Centrality Assessment Model) и инструмента анализа городской сети (Urban Network Analysis Tool), разработанного Сингапурским университетом технологии и дизайна при сотрудничестве с Массачусетским технологическим институтом для программной платформы ArcGIS.*

*Исследование показало, что за рассматриваемый период наиболее значительные изменения произошли в центральной и ближней пригородной зонах Санкт-Петербурга, для которых характеристики центральности транспортной сети и тенденции в размещении населения существенно отличаются. Увеличение положительной корреляции между плотностью населения и показателем прямой центральности дорожной сети хорошо иллюстрирует эти отличия.*

*Пространственные характеристики роста населения, изменения гравитационного центра населения, эллипса стандартных отклонений и характеристики центральности транспортной сети показывают, что Санкт-Петербург находится в поздней стадии урбанизации и режим его развития в целом схож с другими крупными городами.*

**Ключевые слова:** размещение населения, плотность населения, центральность транспортной сети, Санкт-Петербург

## Введение

Динамика распределения городского населения может служить индикатором, отражающим состояние экономики, показывающим расширения и перестройки пространства. Сеть городского транспорта при этом является основным скелетом внутреннего пространства города, играющим важную роль в развитии городской пространственной структуры [12; 14].

Американский ученый Рей М. Нортэм (Ray M. Northam), изучавший географию городов, предложил понятие S-образной «кривой линии Нортэма» (Northam curve) и выделил в процессе урбанизации три этапа (урбанизация, субурбанизация и реурбанизация). В настоящее время в России наблюдается высокий уровень урбанизации, хорошо развито городское пространство. Численность городского населения в определенном пороговом диапазоне устойчиво растет.

Санкт-Петербург исторически сформировался в системе «суша — море» и является одним из важнейших в современной России ареалов метрополитанизации [1], а также важным европейским портом. Это типичный, развивающийся в условиях глобальной урбанизации, многофункциональный город [2]. Несомненный интерес для понимания изменения процесса урбанизации представляет анализ связи между распределением населения в урбанизированном пространстве высокого уровня развития и распределением транспортной сети. Это также имеет значение для изучения регулирования пространственного расширения и развития портовых городов в развивающихся странах. Задачи данного исследования заключаются в следующем: во-первых, с помощью гравитационной модели населения и эллипса стандартных отклонений провести анализ пространственных изменений города с 2002 по 2015 г.; во-вторых, с помощью инструмента анализа сети изучить особенности городской транспортной сети; в-третьих, проследить изменения в распределении плотности населения города, используя метод ядерной плотности, и оценить взаимосвязь с показателями центральности транспортной сети.

## Методы исследования

Город как динамическая пространственная система постоянно меняется. Так, первоначальный процесс концентрации трансформируется в диффузионный, потом диффузионный процесс может снова смениться на процесс концентрации. Гравитационный центр населения является важным показателем для оценки направления движения в распределении населения города или региона и выявления особенностей распределения населения [10]. Траектория и скорость движения гравитационного центра населения стали в западных странах важным ориентиром для разработки политики в области развития поселенческой струк-

туры. С помощью модели гравитационного центра и эллипса стандартных отклонений был проведен анализ изменения распределения населения в Санкт-Петербурге.

Формула для расчета гравитационного центра населения представлена в следующем виде:

$$X = \sum P_i \cdot X_i / \sum P_i, \quad Y = \sum P_i \cdot Y_i / \sum P_i,$$

где  $X, Y$  — координаты гравитационного центра населения;  $X_i, Y_i$  — координаты гравитационного центра  $i$  группы населения;  $P_i$  — численность населения группы  $i$

Для измерения процесса диффузии распределения населения используется эллипс стандартного отклонения [9]. Эллипс стандартного отклонения состоит из длинной и короткой осей, угла отклонения и гравитационного центра. Длинная ось представляет собой степень распределения населения в главном направлении от гравитационного центра населения, короткая ось — степень распределения населения в подчиненном направлении, угол отклонения — главное направление распределения населения; при этом эллипс может включать более 68% населения исследуемой области. Эллипс стандартного отклонения в полной мере отражает отклонение распределения населения в разных направлениях и может эффективно демонстрировать тенденции распределения населения.

Промежуточная центральность (betweenness centrality) и прямая центральность (straightness centrality) из модели оценки множественной центральности (Multiple Centrality Assessment Model, MCA) — два важных индекса, использующихся для измерения центральности транспортной сети города [16]. Транспортные линии являются сторонами сети города, пересечения или конечные точки — узлами, скрепляющими стороны. Вдоль фактической транспортной сети вычисляются расстояния между узлами и измеряется центральность транспортной сети [11]. Промежуточная центральность измеряется количеством кратчайших маршрутов, которые пролегают через данный узел между каждой парой узлов рассматриваемой сети.

Формула для расчета промежуточной центральности выглядит так:

$$C_i^B = \frac{1}{(N-1)(N-2)} \sum_{j=1; k=1; j \neq k \neq 1}^N \frac{n_{jk}(i)}{n_{jk}},$$

где  $C_i^B$  — промежуточная центральность узла  $i$ ;  $N$  — число узлов транспортной сети;  $n_{jk}$  — число кратчайших путей между узлами сети;  $n_{jk}(i)$  — число кратчайших путей между узлами сети, проходящих через узел  $i$ .

Промежуточная центральность имеет большое значение в изучении сети города, она выступает важным показателем при измерении транспортного трафика между узлами сетей.



Прямая центральность (straightness centrality) измеряет кратчайшие пути между двумя узлами через узел  $i$  и степень их отклонения от прямой линии. Чем меньше степень отклонения, тем лучше прямая центральность узла  $i$ , тем выше транспортная эффективность. Если из какого-нибудь узла можно достичь другого узла в сети кратчайшими прямыми линиями, то достигается наилучшая прямая центральность и наивысшая транспортная эффективность.

Прямую центральность можно рассчитать по формуле

$$C_i^S = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1; j \neq i}^N \frac{d_{ij}^{Eucl}}{d_{ij}},$$

где  $C_i^S$  — прямая центральность узла  $i$ ;  $N$  — число узлов транспортной сети;  $d_{ij}$  — кратчайшее расстояние между узлами  $i$  и  $j$ ;  $d_{ij}^{Eucl}$  — евклидово расстояние между узлами  $i$  и  $j$ .

Прямая центральность — важный показатель для измерения транспортной эффективности, который имеет большое значение для изучения пространственной структуры сложных сетей.

В данном исследовании центральность измеряется с помощью инструмента анализа городской сети (Urban Network Analysis Tool, UNA), разработанного Сингапурским университетом технологии и дизайна при сотрудничестве с Массачусетским технологическим институтом для программной платформы ArcGIS [17].

В инструменте анализа городской сети присутствуют особые пункты для анализа сетевого пространства: 1) с помощью данного инструмента можно анализировать сеть с точки зрения геометрии или топологии; 2) содержание сетевых узлов и граней при наличии третьего элемента сети, например сетевая точка бизнеса, плотность землепользования и т. п.; 3) инструмент может определять удельный вес перекрестка в сети или плотности землепользования.

При изучении соотношения центральности транспортной сети города и пространственного распределения плотности населения необходимо осуществить пространственную интерполяцию центральности транспортной сети и плотности населения методом ядерной оценки плотности (Kernel Density Estimation, KDE).

С помощью дискретных точек, отраженных непосредственно на картах, часто бывает трудно проследить тенденции в пространственном распределении. Метод KDE позволяет получить слой изменения плотности исследуемого явления и отследить непрерывные пространственные изменения, вычисляет плотности дискретных точек в пределах определенной области (окна).

Инструмент ArcGIS («плотность ядер») (КДЕ) рассчитывает плотность точечных объектов вокруг каждой ячейки выходного растра. Она может быть вычислена и для точечных, и для линейных объектов. Для каждой точки подбирается (строится) сглаженная изогнутая поверхность. Значение поверхности максимально в местоположении точки и

уменьшается с увеличением расстояния от точки, достигая нуля на расстоянии, равном заданному «радиусу поиска» (search radius) от точки. Объем под поверхностью равен значению поля численности населения (или другого количественного показателя) для точки либо единице, если задано значение «NONE (НЕТ)». Значение плотности в каждой ячейке выходного растра вычисляется путем сложения значений всех ядер в тех точках, где они накладываются на центр ячейки растра [18].

Геометрическое значение уравнения KDE: распределение плотности наибольшее в центре каждой точки  $X_i$  и уменьшается, когда расстояние от центра достигает определенного порогового диапазона (рис. 1) [13].

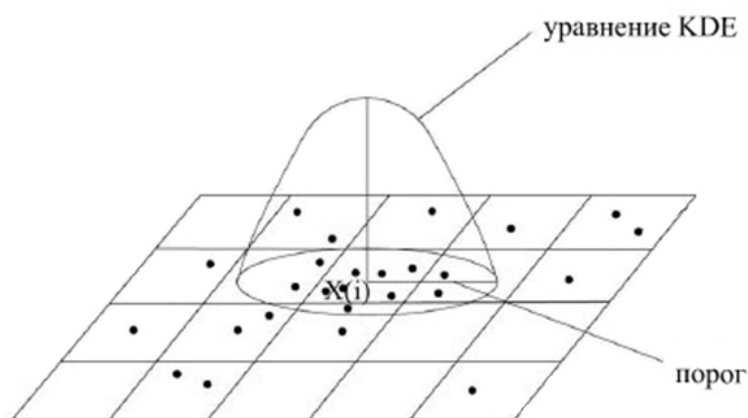


Рис. 1. Метод ядерной оценки плотности

Формула ядерной оценки плотности (KDE) такова:

$$f(x) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right),$$

где  $h$  — порог;  $n$  — число точек в диапазоне порога;  $d$  — размерность данных.

Например, когда  $d = 2$ , уравнение примет вид

$$f(x) = \frac{1}{nh^2\pi} \sum_{i=1}^n \left[ 1 - \frac{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}{h^2} \right]^2,$$

где  $(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2$  — отклонение между точками  $(x_i, y_i)$  и  $(x, y)$ .

При расчетах использовалась программа ArcGIS. Была произведена оценка распределения плотности населения и центральности транспортной сети в различные периоды.

## Характеристика исследуемого региона

В 2015 г. население Санкт-Петербурга составило 5 191 700 человек [3]. Санкт-Петербург — самый северный в мире город с населением более одного миллиона человек. Среди городов, полностью расположенных в европейской части Евразии, Санкт-Петербург — первый по численности жителей город, не являющийся столицей [5]. Его площадь — 1439 км<sup>2</sup>, он занимает второе место в России по размерам после Москвы. Санкт-Петербург делится на 18 районов, в границах которых располагаются 111 внутригородских муниципальных образований: 81 муниципальный округ, 9 городов (Зеленогорск, Колпино, Красное Село, Кронштадт, Ломоносов, Павловск, Петергоф, Пушкин, Сестрорецк) и 21 поселок [3].

## Основные источники и обработка данных

В статье использованы сведения по численности населения в Санкт-Петербурге из статистических ежегодников (2002, 2010, 2015 гг.) [3]. Данные по транспортной сети в Санкт-Петербурге взяты из проекта *Open Street Map* (на 2016 г.) [4], также выполнена пространственная корректировка с помощью *Google Maps*. Информация по районам и муниципальным округам города была получена с официального сайта города [5].

## Выводы

### *Пространственное изменение плотности населения по зонам*

В период с 2002 по 2015 г. общая численность населения в Санкт-Петербурге возрастала, однако рост количества населения в зонах варьировался. В 2002 г. население города насчитывало 4 661 200 человек, а в 2015 г. — уже 5 191 700 человек. Ежегодный темп прироста населения составил 0,77%. В этой статье на основании данных о плотности населения города и использования материалов доклада «Потенциал социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2020 года: возможные стратегии» [6] Санкт-Петербург был разделен на три зоны: центральную, пригородную и дальнюю пригородную. За указанный период прослеживается пространственное распределение плотности населения города от высокой к низкой в порядке удаления от центра: центральная, пригородная, дальняя пригородная зоны. Население города по-прежнему концентрируется вокруг центра. Тенденция дифференциации плотности населения выражается в том, что население пригородной зоны увеличивалось наиболее быстро, за ней по темпам роста следовала дальняя пригородная зона, а центральная зона имела низкие темпы (рис. 2—4).



Рис. 2. Плотность населения в районах Санкт-Петербурга в 2002 г.  
(составлено авторами на основе [3])

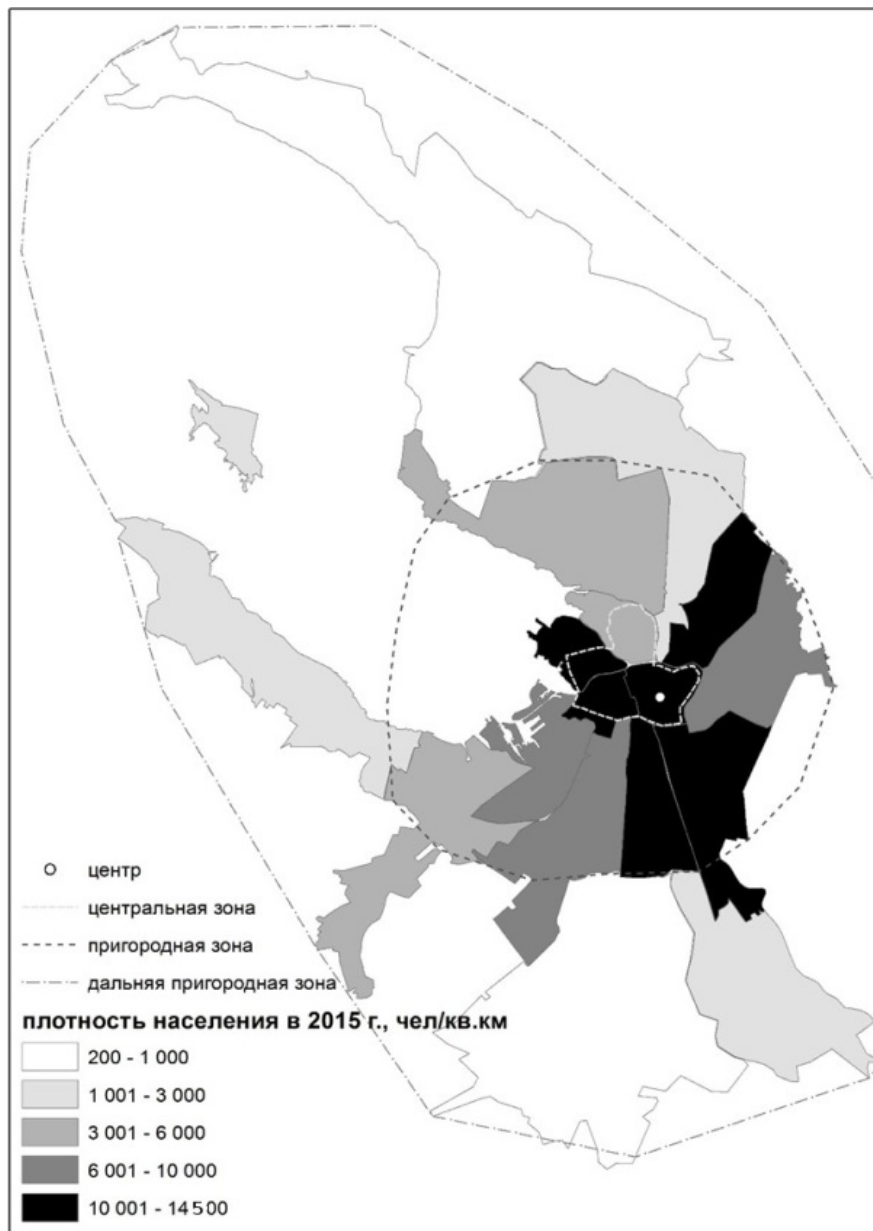


Рис. 3. Плотность населения в районах Санкт-Петербурга в 2015 г.  
(составлено авторами на основе [3])



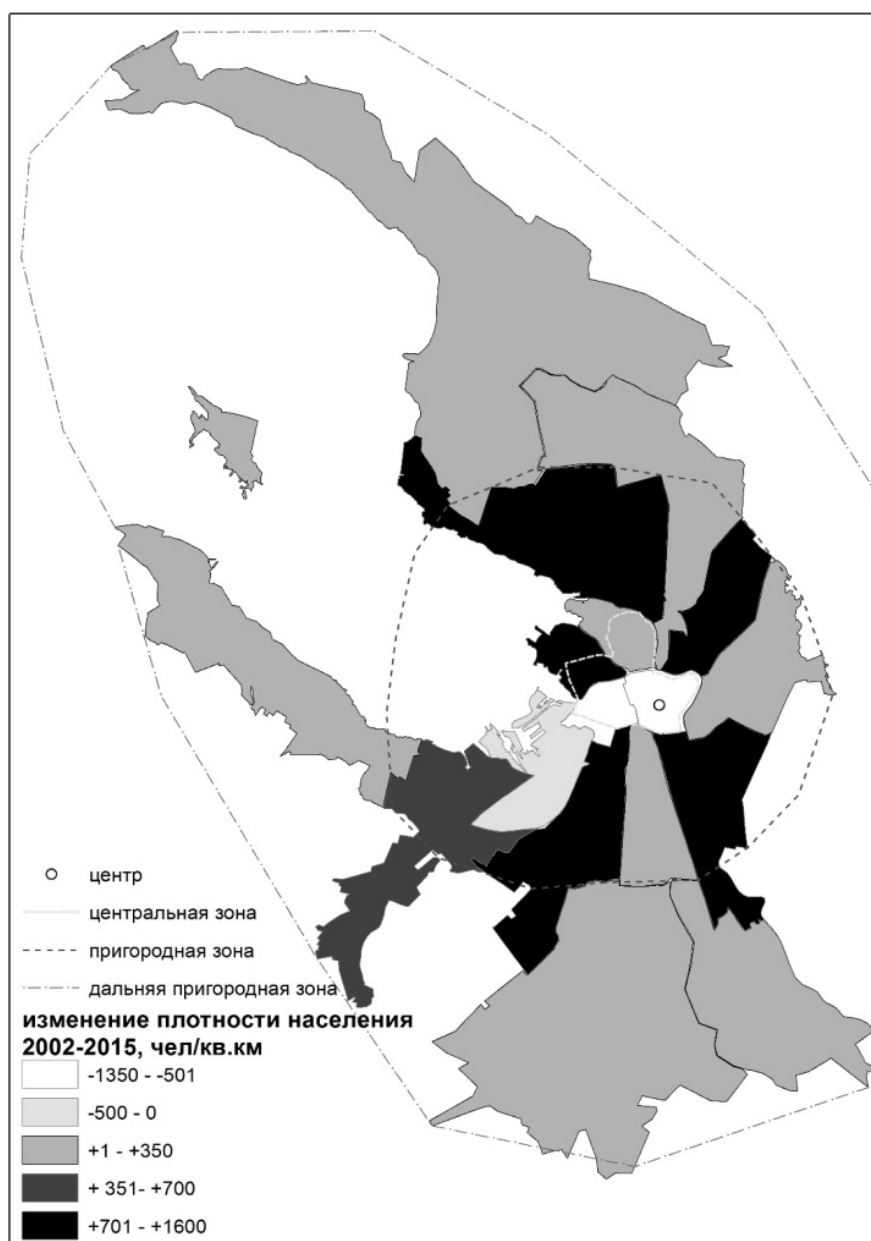


Рис. 4. Изменение плотности населения в районах Санкт-Петербурга в 2002—2015 гг. (составлено авторами на основе [3])

#### *Пространственное изменение плотности населения по районам*

С 2002 по 2015 г. в 16 из 18 районов Санкт-Петербурга наблюдался положительный прирост населения. Наиболее быстрыми темпами росло население Приморского, Невского, Калининского, Московского,

Пушкинского и Красносельского районов и только в Центральном и Адмиралтейском районах произошло уменьшение населения (рис. 2—4).

Самым густонаселенным районом является Центральный, его плотность в 2015 г. достигла 13 658 чел./км<sup>2</sup>. Наибольшая доля населения (около 40%) проживает в районах с наиболее высокой плотностью (более 10 000 чел./км<sup>2</sup>), в период с 2002 по 2015 г. эта доля росла. Районы с плотностью населения 6000—10 000 чел./км<sup>2</sup> составили 19,6% от общего числа районов города, их доля в этот период сокращалась. Районы с плотностью населения 3000—6000 чел./км<sup>2</sup> — 20%, их доля сокращалась быстрее, чем у районов с плотностью 6000—10 000 чел./км<sup>2</sup>. Районы с плотностью населения 1000—3000 чел./км<sup>2</sup> составили 16,3% в общей численности города, их доля была стабильной в период с 2002 по 2015 г. Районы с плотностью населения менее 1000 чел./км<sup>2</sup> составили 4,7%, однако их доля в указанный период росла (табл. 1).

Таблица 1

**Изменения распределении плотности населения в Санкт-Петербурге с 2002 по 2015 г., %**

Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Район (2002, 2010)	Район (2015)	2002	2010	2015
> 10000	Центральный Калининский Василеостровский Адмиралтейский Фрунзенский	Центральный Калининский Василеостровский Адмиралтейский Фрунзенский Невский	32,2	30,4	39,3
6000—10000	Невский Кировский Московский	Кировский Московский Красногвардейский	22,6	22,3	19,6
3000—6000	Красногвардейский Петроградский Приморский Красносельский	Петроградский Приморский Красносельский	25,1	26,8	20,0
1000—3000	Выборгский Кронштадтский Колпинский Петродворцовый	Выборгский Кронштадтский Колпинский Петродворцовый	16,2	16,3	16,3
< 1000	Пушкинский Курортный	Пушкинский Курортный	4,0	4,2	4,7

Составлено авторами на основе [3].

Общие тенденции изменения численности населения:

1. Плотность населения уменьшается постепенно от центра к периферии города.

2. В распределении населения произошли небольшие изменения, плотность населения повысилась только в двух районах, которые принадлежат к смежному типу, — в Невском районе она увеличилась с 6000—10000 чел./км<sup>2</sup> до 10000 чел./км<sup>2</sup> и в Красногвардейском с 3000—6000 чел./км<sup>2</sup> до 6000—10000 чел./км<sup>2</sup>.

### *Тенденции в распределении плотности населения*

На основании данных о населении двух периодов был рассчитан гравитационный центр населения и эллипс стандартного отклонения Санкт-Петербурга в 2002—2015 гг. (рис. 5). Результаты показывают, что гравитационные центры населения двух периодов находятся в центральном районе города, заметных изменений не наблюдалось, однако в 2015 г. по сравнению с 2002 г. гравитационный центр населения сместился в северном направлении от центра города, это показывает, что прирост населения в северных районах города шел в этот период быстрее, чем в южной части. Полученные результаты согласуются с приведенными результатами изменений плотности населения.

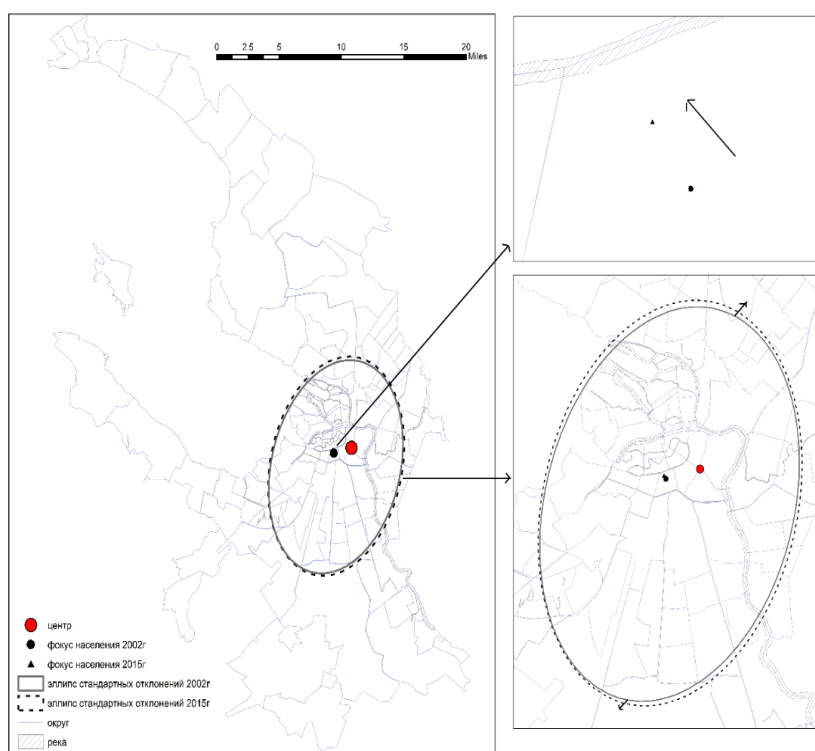


Рис. 5. Пространственное изменение гравитационного центра населения и эллипса стандартного отклонения с 2002 по 2015 г. (составлено авторами на основе [3; 4])

В эллипсе стандартных отклонений населения в этот период существует небольшое отклонение, указывающее на следующие факты.

1. Главная область распределения населения в Санкт-Петербурге мало изменилась с 2002 по 2015 г., сфера эллипса стандартных отклонений охватывает городское ядро (Центральный, Адмиралтейский районы, большую часть Василеостровского и Петроградский район), а также Московский, Фрунзенский, Невский, Красногвардейский, Калининский, Выборгский, Кировский районы. Эти районы являются основной областью экономического и культурного развития в Санкт-Петербурге и вмещают почти 68% населения города.

2. Угол отклонения эллипса стандартного отклонения в двух периодах составляет примерно 10 градусов с севера на восток. В пространственном распределении населения в Санкт-Петербурге особенностью является преобладание направления «северо-восток — юго-запад».

3. Большая ось стандартного отклонения эллипса становилась длиннее в изучаемый период. Удлинение расстояния в сторону северо-востока больше, чем в сторону юго-запада. Это объясняет, что основная область распределения населения постепенно распространяется на периферию, главные расширения происходят в северо-восточном и юго-западном направлении, при этом скорость диффузии на северо-восток быстрее, чем на юго-запад.

### *Анализ центральности транспортной сети*

Из рисунков 6—9 видно, что величина центральности транспортной сети изменяется от высокой до низкой в следующем порядке: центральная, пригородная, дальняя пригородная зоны, т.е. постепенно уменьшается от центра к краю города. В Центральном и Адмиралтейском районах величины центральности транспортной сети самые высокие, за ними следуют Кировский, Петроградский и Приморский — самые короткие пути находятся в этих районах и транспортные трафики в них больше. А в других зонах (Василеостровский, Выборгский, Московский, Красногвардейский, Невский районы), в том числе в дальних пригородных (Красносельский, Кронштадтский, Колпинский, Петродворцовый, Пушкинский, Курортный районы), центральность транспортной сети низка.

Результаты оценки прямой центральности сходны с промежуточной, но пространственное распределение прямой центральности шире, чем промежуточной: была покрыта вся пригородная зона и частично дальняя пригородная зона (Красносельский, Кронштадтский, Пушкинский районы). Это значит, что пространственное расположение зон с высокой транспортной эффективностью более рассредоточенное, а пространственное расположение зон с высокими трафиками — более сосредоточенное.

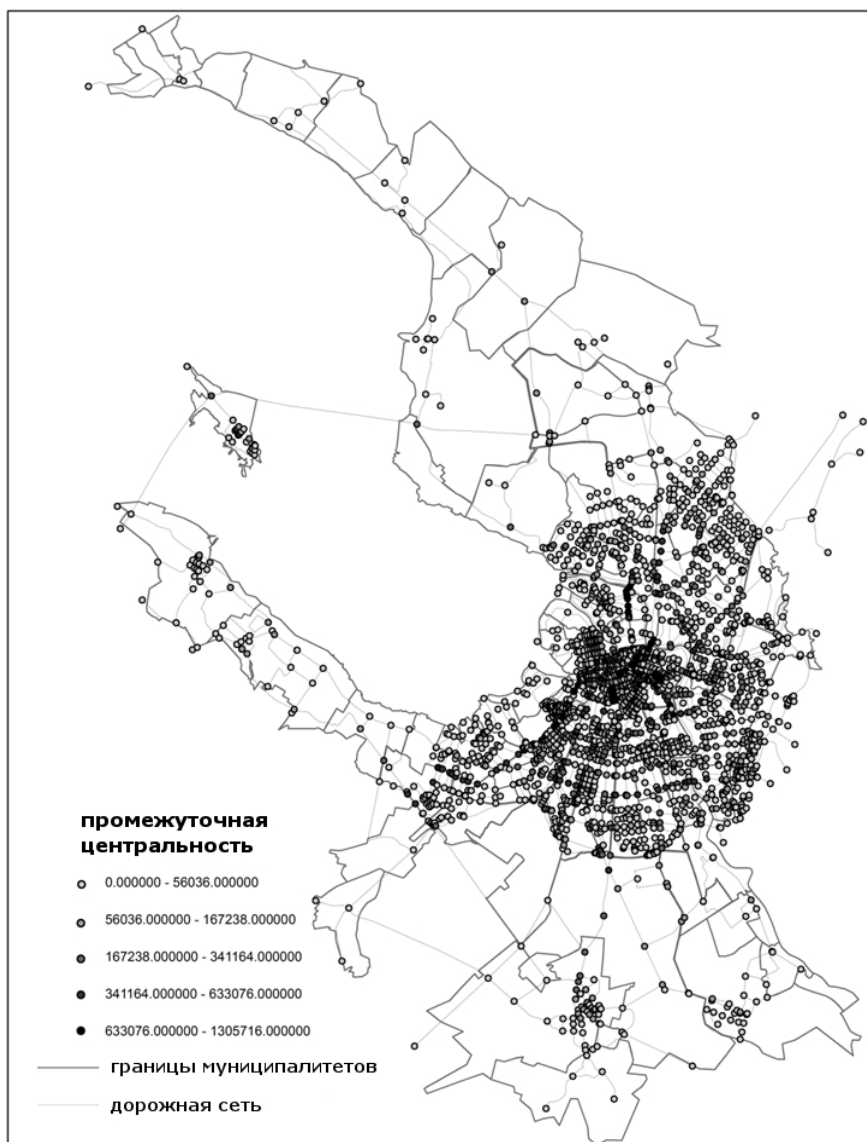


Рис. 6. Промежуточная центральность узлов транспортной сети Санкт-Петербурга (составлено авторами на основе [3; 4])

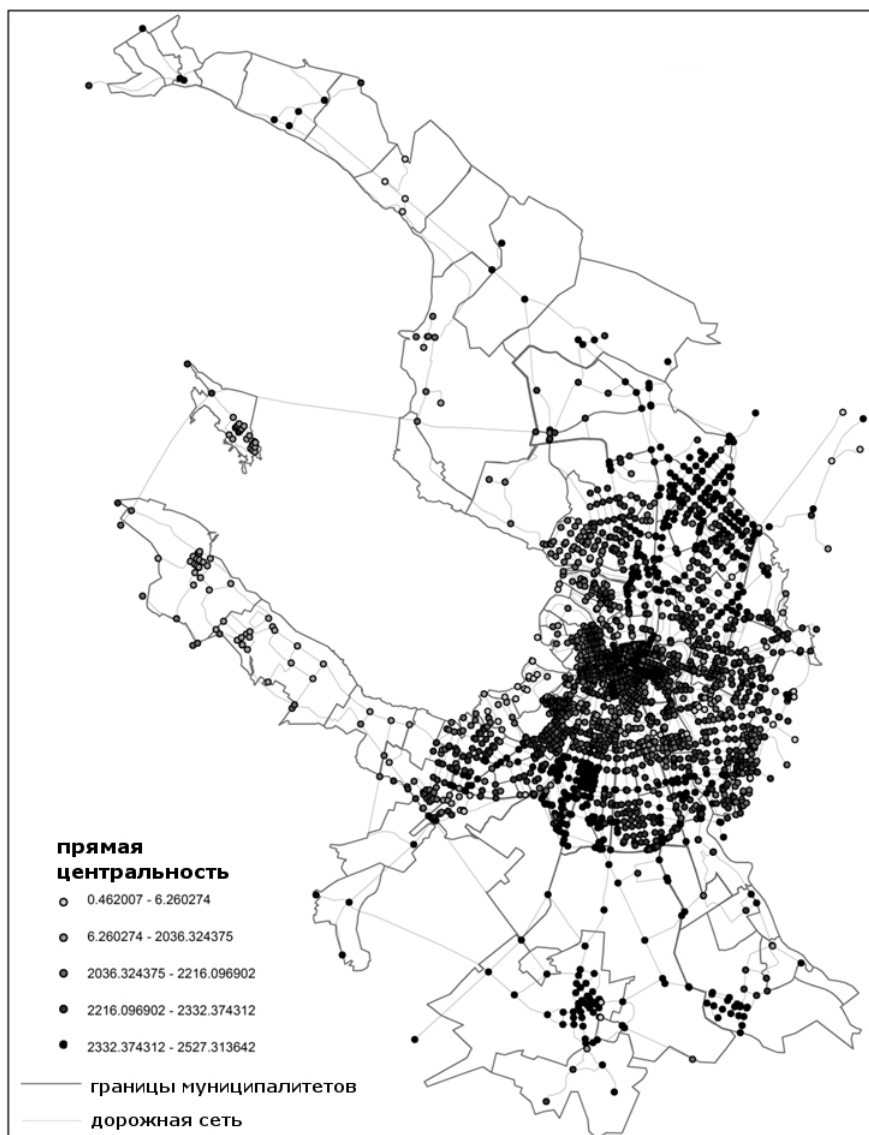


Рис. 7. Прямая центральность узлов транспортной сети Санкт-Петербурга (составлено авторами на основе [3; 4])

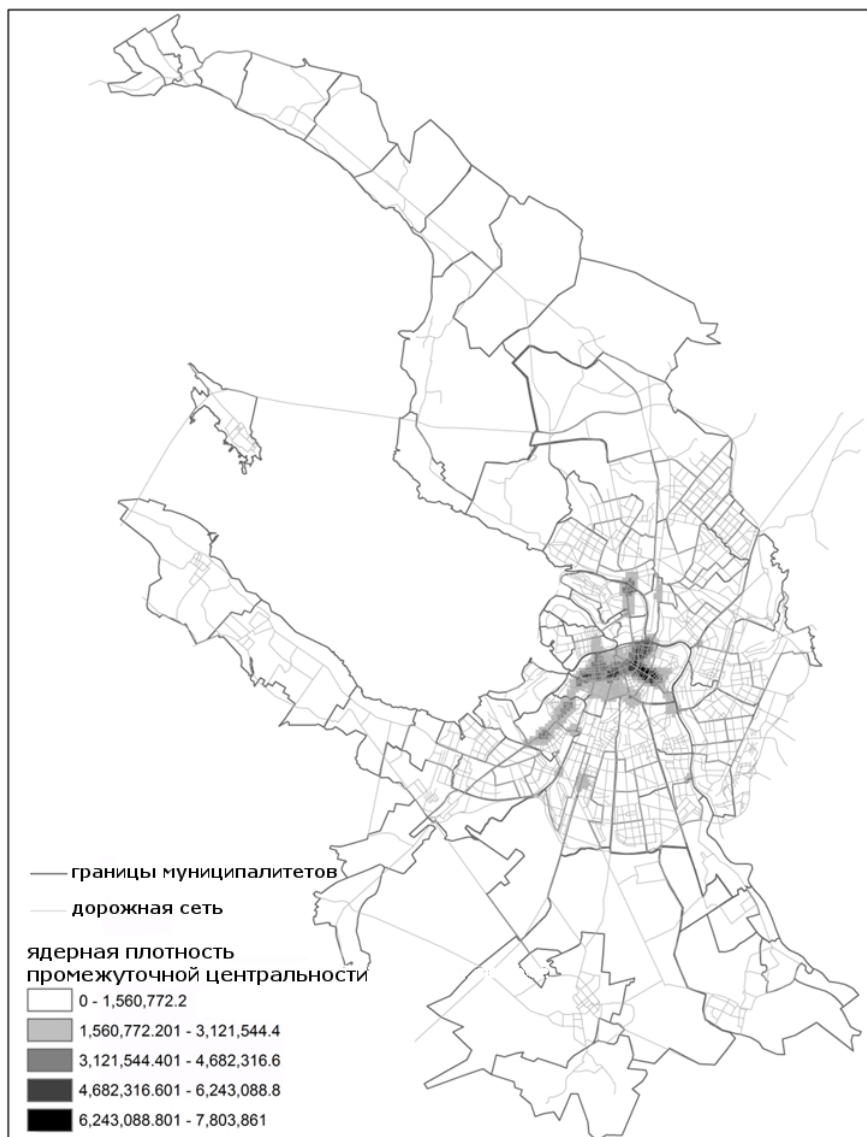


Рис. 8. Ядерная плотность промежуточной центральности транспортной сети Санкт-Петербурга (метод KDE) (составлено авторами на основе [3; 4])

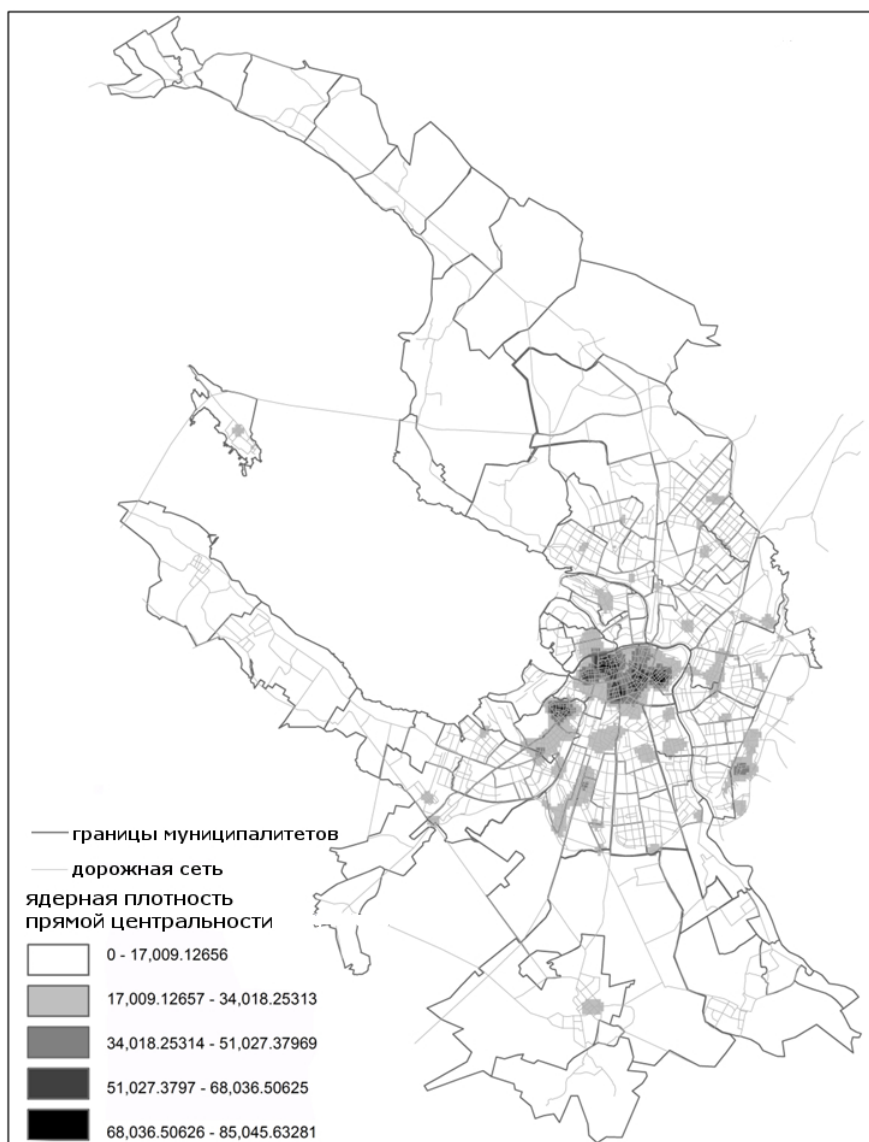


Рис. 9. Ядерная плотность прямой центральности транспортной сети Санкт-Петербурга (метод KDE)  
 (составлено авторами на основе [3; 4])



### **Отношение между изменениями в распределении населения и центральностью транспортной сети**

Результаты пространственного распределения ядерной плотности населения за разные годы (2002, 2010, 2015) указывают на следующее.

1. Места с высокой величиной ядерной плотности населения, совпадающие с высокой центральностью транспортной сети, были сосредоточены в пригородной зоне, а в дальней пригородной зоне не наблюдается тенденции сосредоточенного распределения.

2. Пространственное распределение ядерной плотности населения является полицентричной структурой. Распределение населения в Центральном и Адмиралтейском районах — самое плотное, кроме того, в Кировском, Московском, Фрунзенском, Невском, Выборгском районах также отмечена тенденция сосредоточенного распределения населения.

3. С 2002 по 2015 г. сфера ядерной плотности населения постепенно расширяется на окружающую местность, к 2015 г. в дальней пригородной зоне уже наблюдается тенденция сосредоточенного распределения.

4. С 2002 по 2015 г. направление пространственной диффузии ядерной плотности населения согласуется с предшествующими результатами анализа эллипса стандартного отклонения: эллипс растянут с северо-востока на юго-запад, что соответствует направлению развития городской транспортной сети.

Корреляционный анализ между ядерной плотностью населения и центральностью транспортной сети показывает взаимосвязь между ними. Результаты приводят к следующим выводам.

1. Между плотностью населения и центральностью транспортной сети имеется средняя корреляция и отмечается возрастающая взаимосвязь с 2002 по 2015 г.

2. Корреляция между ядерной плотностью населения и прямой центральностью выше, чем между ядерной плотностью населения и промежуточной центральностью. Это указывает на то, что при выборе людьми места проживания требования предъявляются прежде всего к транспортной эффективности (табл. 2, рис. 10—12).

*Таблица 2*

#### **Коэффициент корреляции между ядерной плотностью населения и центральностью транспортной сети**

Плотность населения	Промежуточная центральность	Прямая центральность	Средняя величина центральности
2002	0,40723	0,43997	162,0777
2010	0,49744	0,56788	162,7490
2015	0,50930	0,58589	172,9097

Составлено автором на основе [3; 4].

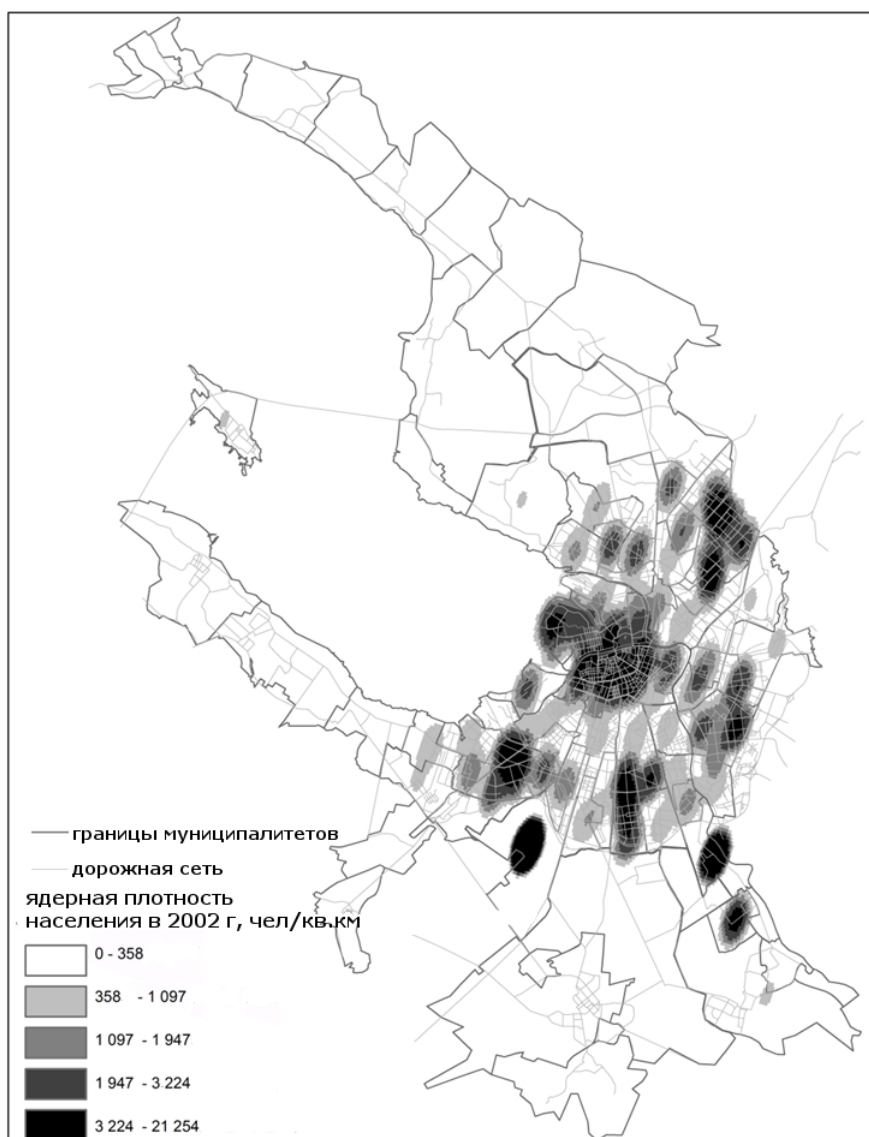


Рис. 10. Ядерная плотность населения Санкт-Петербурга в 2002 г. (метод KDE)  
 (составлено авторами на основе [3; 4])

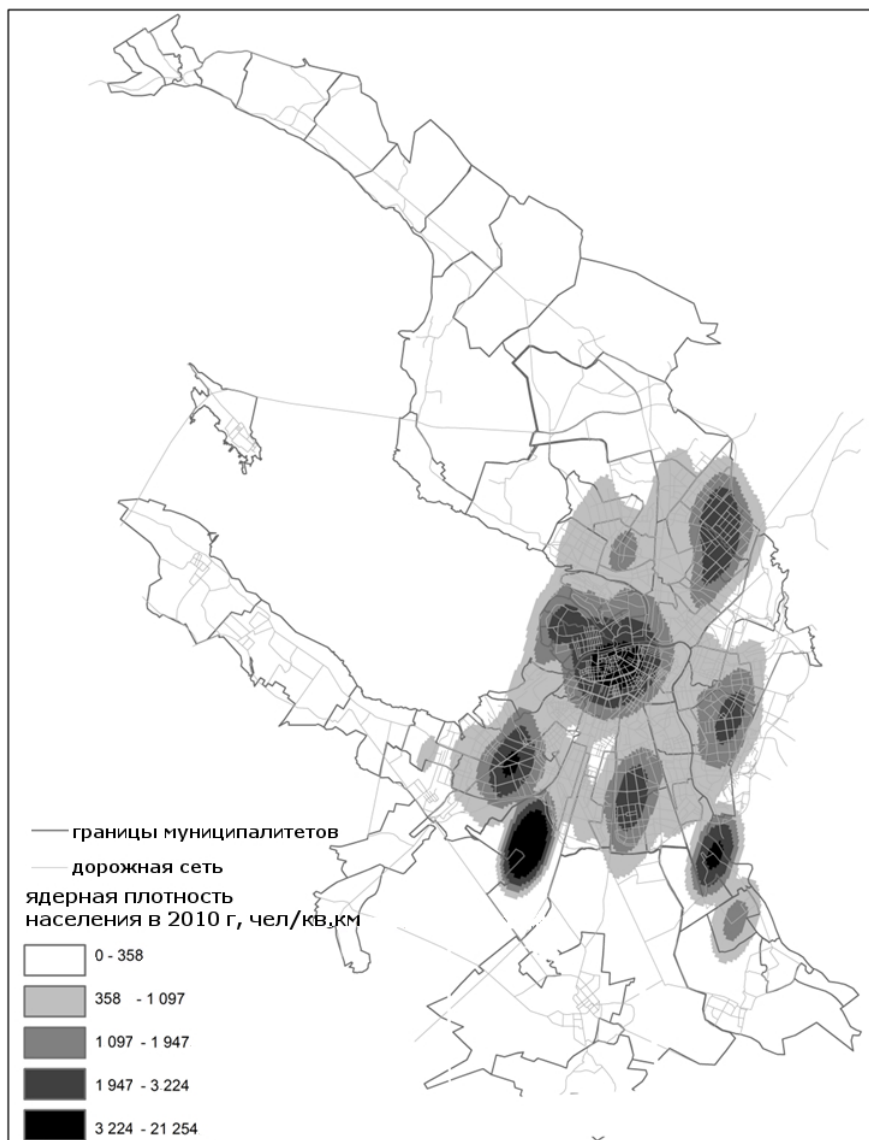


Рис. 11. Ядерная плотность населения Санкт-Петербурга в 2010 г. (метод KDE)  
(составлено авторами на основе [3; 4])

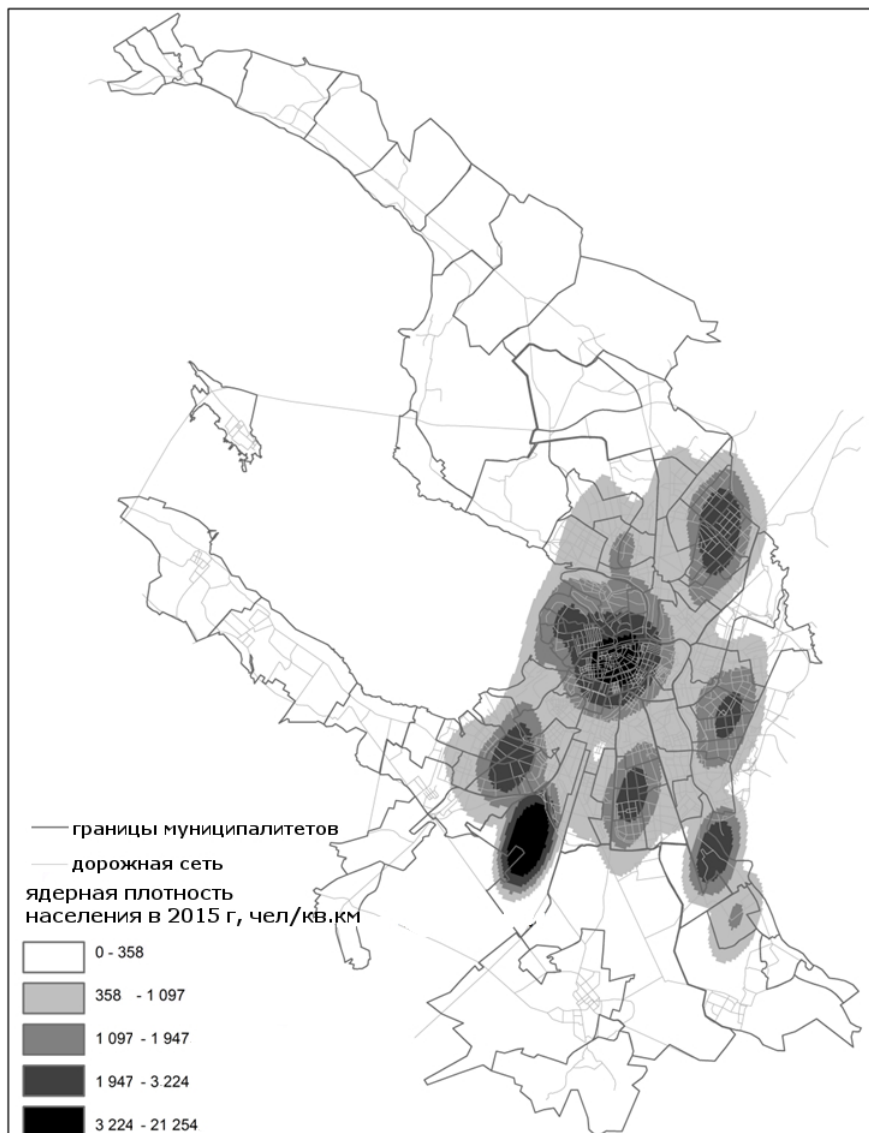


Рис. 12. Ядерная плотность населения Санкт-Петербурга в 2015 г. (метод KDE) (составлено авторами на основе [3; 4])

### Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. С 2002 по 2015 г. произошло увеличение численности населения Санкт-Петербурга, что, как и во многих других крупных городах, также

сопровождалось перераспределением населения между центром и пригородами. При сохранении общей картины снижения градиента плотности населения от центра к пригородам в динамике данного показателя за рассматриваемый период отмечается противоположная тенденция: плотность наиболее значительно возросла в пригородной зоне и снизилась в центре.

2. Особенностью пространственного распределения населения в Санкт-Петербурге является наличие оси «северо-восток — юго-запад». Гравитационный центр населения сместился за рассматриваемый период в северном направлении от центра города, основная область распределения населения постепенно распространяется на северо-восток и юго-запад. Скорость диффузии на северо-восток выше, чем на юго-запад. Пространственные характеристики роста населения в Санкт-Петербурге, устойчивое изменение гравитационного центра населения и изменение эллипса стандартного отклонения являются признаками процесса постурбанизации и представляют собой общую закономерность пространственного развития крупных городов. Подобная модель развития осуществляется в китайских крупных городах, таких как Пекин [8] и Нанкин [15].

3. Центральность транспортной сети в Санкт-Петербурге в целом предсказуемо снижается от центра к дальней пригородной зоне. Однако пространственное распределение показателя прямой центральности шире, чем показателя промежуточной центральности. Модель распределения сходна с той, которая существует в крупных китайских городах, например Чанчуне [7].

4. Между плотностью населения и центральностью транспортной сети имеется средняя положительная корреляция и наблюдается тенденция ее роста. Корреляция плотности населения с показателем прямой центральности выше, чем с показателем промежуточной центральности. Данная ситуация может указывать на то, что выбор места проживания обусловлен его транспортной эффективностью.

Изменение в размещении населения представляет собой процесс со сложным сочетанием многих факторов: транспортная сеть, политика городского землепользования, изменение окружающей среды, требования жителей к местам проживания. Исследование зависимости изменения пространства размещения населения от множества факторов имеет большое значение для понимания законов развития городского пространства. По мнению авторов, отмеченные в работе тенденции в дальнейшем будут только усиливаться, что необходимо учитывать в практике городского планирования в пригородных районах, в частности на северо-востоке и юго-западе Санкт-Петербурга.

*Исследование выполнено при поддержке Национального фонда естественных наук Китая (41471141).*

#### **Список литературы**

1. Дружинин А.Г. Метрополии и метрополизация в современной России: концептуальные подходы в политико-географическом контексте // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 1. С. 19—27.



2. Лачининский С.С., Семенова И.В. Санкт-Петербургский приморский регион : геоэкономическая трансформация территории. СПб. : Лема, 2015.
3. База данных показателей муниципальных образований г. Санкт-Петербурга. URL: <http://petrostat.gks.ru> (дата обращения: 03.04.2016).
4. Данные Open Street Map в формате share-файлов. URL: <http://beryllium.gis-lab.info> (дата обращения: 03.04.2016).
5. Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга. URL: <http://gov.spb.ru> (дата обращения: 03.04.2016).
6. Развитие потенциала города Санкт-Петербурга URL: <http://csr-nw.ru> (дата обращения: 03.04.2016).
7. Chen Chen, Wang Fa Hui, Xiu Chun Liang. The Relationship Between the Spatial Distribution of Commercial Networks and Street Centrality // Changchun. Economic Geography. 2013. №33(10). P. 40—47.
8. Meng Yan Chun, Tang Cang Song. Study on the Trend of Population Spatial Distribution in Beijing since the Reform and Opening-up: Based on Analyzing the Data of Four Population Census from 1982 to 2010. China // Population, Resources and Environment. 2015. №25(3). P. 135—142.
9. O'Sullivan D., Unwin D. Geographic Information Analysis. N. Y. : John Wiley & Sons, 2003.
10. Plane D. A., Rogerson P. A. The Geographical Analysis of Population: With Applications to Planning and Business. N. Y. : John Wiley & Sons, 2003.
11. Porta S., Latora V., Wang F. H. Street centrality and densities of retail and services in Bologna, Italy // Environ. Plan. B: Plan. 2009. № 12(36). P. 450—465.
12. Qianqian Tang, Kaiyu Li, Meiyue Liu. Research on Optimization Strategy of the Urban Spatial Form under the Perspective of Low Carbon — A Case Study of Xi'an city // Journal of Low Carbon Economy. 2015. №4(3). P. 21—27.
13. Timothée P., Nicolas L. B., Emanuele S. et al. A Network Based Kernel Density Estimator Applied to Barcelona Economic Activities // Computational Science and Its Applications. 2010. №6. P. 32—45.
14. XU Xueqiang, Zhu Jianru. Contemporary urban geography. Beijing : China Architecture & Building Press, 1988.
15. Zeng Wen, Zhang Xiao lin, Xiang Lili et al. The Features of Population Redistribution of Nanjing Metropolitan Area in 2000—2010 // Scientia Geographica Sinica. 2016. № 1. P. 81—89.
16. University of Strathclyde. Urban Design Studies Unit / Multiple Centrality Assessment Model (MCA). URL: <http://www.udsu-strath.com/msc-urban-design/2012-2013/analysis-2012-2013/mca-multiple-centrality-assessment/> (дата обращения: 03.04.2016).
17. City Form Lab. Urban Network Analysis Tool for ArcGIS. URL: <http://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis> (дата обращения: 03.04.2016).
18. Arc GIS Pro. How Kernel Density Works. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm> (дата обращения: 03.04.2016).

### **Об авторах**

Ли Сюолин, исследователь, Колледж географических наук, Северо-Восточный педагогический университет, г. Чанчунь, Китай.  
E-mail: [lixl027@nenu.edu.cn](mailto:lixl027@nenu.edu.cn)

*Анатолий Александрович Анохин*, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экономической и социальной географии, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия.

E-mail: a.anohin@spbu.ru

*Александр Владимирович Шендрик*, ассистент кафедры экономической и социальной географии, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия.

E-mail: shen@mail.ru

*Си Чунлян*, исследователь, Архитектурный колледж Янгхо, Северо-Восточный университет, г. Шэньян, Китай.

E-mail: xiuchunliang@mail.neu.edu.cn

**Для цитирования:**

Сяолин Л., Анохин А. А., Шендрик А. В., Чунлян С. Изменения в пространственном распределении населения и дорожная сеть Санкт-Петербурга // Балтийский регион. 2016. Т. 8, №4. С. 53—77. doi: 10.5922/2074-9848-2016-4-4.



CHANGES IN THE POPULATION DISTRIBUTION  
AND TRANSPORT NETWORK OF SAINT PETERSBURG

L. Xiaoling\*

A. Anokhin\*\*

A. Shendrik\*\*

X. Chunliang\*\*\*

\* *Northeast Normal University,  
5268 Renmin St., Changchun, 130024, China*

\*\* *Saint-Petersburg State University  
7—9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russia*

\*\*\* *Northeastern University,  
3—11 Wenhua Road, Shenyang, 110819, China*

Submitted on August 17, 2016

*The authors explores the interdependence between demographic changes and transport network centrality, using Saint Petersburg as an example. The article describes the demographic data for the period 2002—2015 and the transportation network data of 2006. The authors employ several methods of demographic research; they identified the centre of gravity of the population, produce the standard deviational ellipsis and use the kernel density estimation. The street network centrality of Saint Petersburg was analyzed using the Multiple Centrality Assessment*

*Model (MCA) and the Urban Network Analysis Tool for ArcGIS. The analysis of the population distribution in Saint Petersburg shows that each area of the city has seen their population grow over the last thirteen years. However, it is the population of suburban areas that increased the most. The core area of the city has the tendency of outward diffusion, and the population gravity centre has been moving northwards. Spatial characteristics of the population growth, changes in the population gravity centre, the standard deviational ellipse and characteristics of the street network centrality show that Saint Petersburg is at the final stage of urbanization and its development pattern is similar to that of other major cities.*

*Key words:* population distribution, population density, street network centrality, Saint Petersburg.

#### References

1. Druzhinin, A.G. 2014, Metropolii i metropolizaciya v sovremennoj Rossi: konceptual'nye podhody v politiko-geograficheskom kontekste [Mother countries and metropolization in modern Rossi: conceptual approaches in a political and geographical context], *Izv. RAN. Ser. geogr.*, no. 1, p. 19—27.
2. Lachininskij, S. S., Semenova, I. V. 2015, *Sankt-Peterburgskij primorskij region: geoeconomicheskaya transformaciya territorii* [St. Petersburg seaside region: geoeconomic transformation of the territory], St. Petersburg.
3. *Baza dannyh pokazatelej municipal'nyh obrazovanij g. Sankt-Peterburga* [Database of indicators of municipalities of St. Petersburg], available at: [http:// petrostat.gks.ru](http://petrostat.gks.ru) (accessed 03.04.2015).
4. *Open Street Map Project data*, available at: <http://beryllium.gis-lab.info> (accessed 03 April 2016).
5. *Official web site of Administration of St. Petersburg*, available at: <http://gov.spb.ru> (accessed 03.04.2016).
6. *Razvitie potenciala goroda Sankt-Peterburga* [Development of capacity of the city of St. Petersburg], available at: <http://csr-nw.ru> (accessed 03.04.2016).
7. Chen, Chen, Wang, Fa Hui, Xiu, Chun Liang, 2013, The Relationship Between the Spatial Distribution of Commercial Networks and Street Centrality, *Changchun. Economic Geography*, Vol. 33, no. 10, p. 40—47.
8. Meng, Yan Chun, Tang, Cang Song, 2015, Study on the Trend of Population Spatial Distribution in Being since the Reform and Opening-up: Based on Analyzing the Data of Four Population Census from 1982 to 2010, *China Population, Resources and Environment*, Vol. 25, no. 3, p. 135—142.
9. O'Sullivan, D., Unwin, D. 2003, *Geographic Information Analysis*, New York, John Wiley & Sons.
10. Plane, D. A., Rogerson, P. A. 2003, *The Geographical Analysis of Population: With Applications to Planning and Business [M]*, New York, John Wiley & Sons.
11. Porta, S., Latora, V., Wang, F. H. 2009, Street centrality and densities of retail and services in Bologna, Italy [J], *Environ. Plan. B: Plan.*, no. 12(36), p. 450—465.
12. Qianqian, T., Kaiyu, L., Meiyue, L. 2015, Research on Optimization Strategy of the Urban Spatial Form under the Perspective of Low Carbon — A Case Study of Xi'an city [J], *Journal of Low Carbon Economy*, no. 4(3), p. 21—27.
13. Timothée, P., Nicolas, L. B., Emanuele, S. et al. 2010, A Network Based Kernel Density Estimator Applied to Barcelona Economic Activities [J], *Computational Science and Its Applications*, Vol. 6, no. 16, p. 32—45.



14. XU, Xueqiang, Zhu, Jianru, 1988, *Contemporary urban geography*, China Architecture & Building Press, Beijing.

15. Zeng, Wen, Zhang, Xiao lin, Xiang, Lili et al. 2016, The Features of Population Redistribution of Nanjing Metropolitan Area in 2000—2010, *Scientia Geographica Sinica*, no. 01, p. 81—89.

16. *University of Strathclyde. Urban Design Studies Unit / Multiple Centrality Assessment Model (MCA)*, available at: <http://www.udsu-strath.com/msc-urban-design/2012-2013/analysis-2012-2013/mca-multiple-centrality-assessment/> (accessed 03.04.2016).

17. *City Form Lab. Urban Network Analysis Tool for ArcGIS*, available at: <http://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis> (accessed 03.04.2016).

18. *Arc GIS Pro. How Kernel Density Works*, available at: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm> (accessed 03.04.2016).

*Supported by the National Natural Science Foundation of China (41471141).*

#### The authors

*Li Xiaoling*, researcher, College of Geography Science, Northeast Normal University, Changchun, China.

E-mail: [lixl027@nenu.edu.cn](mailto:lixl027@nenu.edu.cn)

*Prof. Anatolii A. Anokhin*, Department of Economic and Social Geography, Saint-Petersburg State University.

E-mail: [a.anohin@spbu.ru](mailto:a.anohin@spbu.ru)

*Alexander V. Shendrik*, Research Assistant, Department of Economic and Social Geography, Saint-Petersburg State University.

E-mail: [shen@mail.ru](mailto:shen@mail.ru)

*Dr Xiu Chunliang*, researcher, College of Jang Ho Architecture, Northeastern University, Shenyang, China.

E-mail: [xiuchunliang@mail.neu.edu.cn](mailto:xiuchunliang@mail.neu.edu.cn)

#### To cite this article:

*Xiaoling L., Anokhin A. A., Shendrik A. V., Chunliang X. 2016, Changes in the Population Distribution and Transport Network of Saint Petersburg, Balt. reg., Vol. 8, no. 4, p. 53—77. doi: 10.5922/2074-9848-2016-4-4.*