

Научная статья

УДК 332.12

doi: 10.47475/1994-2796-2022-11211

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ ГОРОДСКОЙ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

Ирина Анатольевна Секушина

Вологодский научный центр РАН, Вологда, Россия, sekushina.isekushina@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4216-4850

Аннотация. Целью исследования является проведение анализа трансформации городской системы расселения Европейского Севера России (ЕСР). На основе данных Росстата о численности населения всех 68 городов региона за 1989 и 2021 гг. посредством составления матрицы расстояний между ними проведены расчеты глобального и локального индексов Морана. Сравнение полученных значений глобального индекса Морана с его математическим ожиданием свидетельствует о наличии отрицательной пространственной автокорреляции в 1989 и в 2021 гг., то есть в регионе расположенные рядом друг с другом города по численности населения скорее различны, чем схожи между собой. На основе построения пространственных диаграмм рассеяния Морана выделены четыре кластера городов, различающихся между собой положением в пространстве региона. Установлено, что на ЕСР преобладают небольшие по численности населения города, соседствующие с населенными пунктами либо с высоким, либо с таким же низким уровнем плотности. В постсоветский период в регионе с 27 до 30 выросло количество городов с низкой численностью населения, соседствующих с городами с высокой численностью населения, что может свидетельствовать об увеличении значения последних в городской сети расселения. Также произошло укрепление положения некоторых малых и средних городов, находящихся за пределами городских агломераций, как узловых элементов опорного каркаса расселения. В Республике Коми и на границе Вологодской и Архангельской областей выявлено появление групп городов, которые могут рассматриваться как формирующиеся городские агломерации.

Ключевые слова: город, городская система расселения, пространственная автокорреляция, глобальный и локальный индексы Морана, Европейский Север России

Благодарности: статья подготовлена в соответствии с государственным заданием для ФГБУН «ВолНЦ РАН» по теме НИР «Факторы и методы устойчивого социально-экономического развития территориальных систем в изменяющихся условиях внешней и внутренней среды» (FMGZ-2022-0012).

Для цитирования: Секушина И. А. Пространственно-временной анализ трансформации городской системы расселения Европейского Севера России // Вестник Челябинского государственного университета. 2022. № 12 (470). Экономические науки. Вып. 79. С. 102—112. doi: 10.47475/1994-2796-2022-11211.

Original article

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF THE URBAN SETTLEMENT SYSTEM TRANSFORMATION OF THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA

Irina A. Sekushina

Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia, sekushina.isekushina@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4216-4850

Abstract. The purpose of the study is to analyze of the urban settlement system transformation on the Russian European North. Using the example of 68 cities in the region, global and local Moran indices were calculated in 1989 and 2021. Comparison of the obtained values of the global Moran index with its mathematical expectation indicates the presence of negative spatial autocorrelation in both time periods. In the region, cities located next to each other in terms of population are more different than similar to each other. Based on the construction of spatial Moran scattering diagrams, 4 clusters of cities were identified, which differ in their position in the space of the region. It has

© Секушина И. А., 2022

been established that in the Russian European North, cities with a small population predominate, adjacent to settlements with either a high or an equally low population level. In the post-Soviet period, the number of low-population cities adjacent to high-population cities increased from 27 to 30. This may indicate an increase in the importance of large cities in the region. The positions of some small and medium-sized cities outside of urban agglomerations have strengthened as nodal elements of the urban settlement network. In the Komi Republic and on the border of the Vologda and Arkhangelsk regions, the appearance of groups of cities that can be considered as emerging urban agglomerations has been revealed.

Keywords: town, urban settlement system, spatial autocorrelation, global and local Moran's index, European North of Russia

Acknowledgments: the article was prepared in accordance with the state task for the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Academy of Sciences on the topic of research "Factors and methods of sustainable socio-economic development of territorial systems in changing conditions of external and internal environment" (FMGZ-2022-0012).

For citation: Sekushina IA. Spatio-temporal analysis of the urban settlement system transformation of the European North of Russia. *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2022;(12(470):102-112. (In Russ.). doi: 10.47475/1994-2796-2022-11211.

Введение

Наиболее интенсивный рост городов связан прежде всего с появлением крупной машинной индустрии. С развитием рыночных отношений и увеличением концентрации капитала роль городов усиливается, наблюдается всеобщий процесс урбанизации. В современных условиях города выступают не только в качестве базы индустриализации, но и являются организующим звеном развития постиндустриального общества. Огромные по площади территории России отличаются сильной неравномерностью заселения. Сверхсильная концентрация населения и стягивание населения в крупные города и агломерации несет в себе риски усиления меж- и внутрирегиональной социально-экономической дифференциации.

Увеличение доли жителей крупнейших городов в общей численности городского населения региона негативным образом влияет на увеличение людности меньших по размеру населенных пунктов в силу внутрирегиональной миграции в условиях процессов депопуляции [1]. С одной стороны, города выступают местом наибольшей концентрации населения и стягивают к себе жителей окружающих их территорий. С другой стороны, они играют важную роль в обеспечении сбалансированности системы расселения, обеспечивая связанность экономического пространства страны и регионов, выступая местами сосредоточения промышленных и торговых предприятий, объектов социальной сферы [2].

Одной из главных тенденций пространственного развития Европейского Севера России является усиление концентрации жителей в крупных городах региона на фоне сокращения численности населе-

ния в большинстве малых и средних городов. В конечном итоге это приводит к сжатию экономического пространства и нарастанию дисбаланса в региональной системе расселения. Подтверждением данных тенденций являются в том числе результаты оценки сбалансированности системы городского расселения данного региона, полученные на основе расчетов соответствия городов региона закону Ципфа, или правилу «ранг — размер» [3].

Все вышеизложенное определило выбор цели исследования — проведение анализа изменений, произошедших в городской системе расселения Европейского Севера России за период с 1989 по 2021 г.

Элементы научной новизны исследования заключаются в развитии методологии исследования городских систем расселения на основе применения методов пространственной эконометрики, позволяющих выявить закономерности развития регионального пространства. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов для органов государственной власти и местного самоуправления при разработке инструментов регулирования пространственного развития северных территорий страны.

Обзор литературы

В современных исследованиях в области экономики и социологии все чаще в качестве методической базы используются различные подходы к оценке пространственных взаимодействий. Начиная со второй половины XX в. благодаря целому ряду исследований [4—8] инструментарий эконометрических методов исследования простран-

ства значительно обогатился. В настоящее время нет какого-то единого общепризнанного научного аппарата или методики оценки пространственных взаимодействий и взаимосвязей. Это обусловлено в первую очередь тем, что выбор инструментов, используемых в той или иной работе, зависит от того, какие цели и задачи ставит перед собой исследователь и какой информационной базой располагает.

Достаточно часто в научной литературе при расчетах пространственной автокорреляции используются индекс Морана (Moran's index) и индекс Гири (или Джери, Geary's coefficient) в силу относительной простоты вычислений. Теоретически, как отмечается в целом цикле исследований [9; 10], индекс Морана в некоторой степени эквивалентен коэффициенту Гири, и они могут заменять друг друга. Однако на практике индекс Морана нельзя заменить коэффициентом Гири (и наоборот, коэффициент — индексом) из-за различия в статистической обработке данных при расчете. По сравнению с коэффициентом Гири индекс Морана более важен для пространственного анализа.

В зарубежной научной литературе расчеты индекса Морана являются достаточно распространенным инструментом анализа пространственной автокорреляции между регионами и городами [7; 11; 12]. Как отмечено в [13], индекс Морана — это статистический показатель, который измеряет пространственную автокорреляцию и количественно определяет степень рассеяния (или кластеризации) объектов в пространстве.

В российской науке изучение данной проблематики также привлекает внимание ученых. Так, в исследовании [14] индекс Морана использовался для оценки взаимосвязи городов в границах федеральных округов РФ. Автором разработан алгоритм оценки эффектов связанности городов в территориальном пространстве, который также можно использовать как применительно к стране в целом, так и к ее отдельным регионам.

Научные сотрудники института экономики Уральского отделения РАН достаточно часто в своих работах используют индекс Морана в качестве одного из методов моделирования пространственного развития территорий. К примеру, в работе [15] на примере Свердловской области представлен анализ социально-демографической асимметрии территориального развития региона. В другом исследовании [16] представлен методический подход к оценке взаимосвязи субъектов РФ по показателям численности населения и валового регионального продукта, основанный на определении величин глобального и локального индексов Морана.

В работе [17] посредством вычисления глобального и локального индексов Морана на материалах Самарской области авторами выявлено четыре территориальных кластера и шесть подкластеров, а также на примере объединенной системы Самара — Тольятти определены зоны влияния для каждого города.

Изучение вопросов пространственной автокорреляции между городами является достаточно перспективной темой исследования, имеющей большой потенциал, особенно в части использования полученных данных в процессе регулирования пространственного развития территорий. Вместе с тем обзор российских исследований продемонстрировал, что для регионов, не относящихся к субъектам РФ или федеральным округам, подобные расчеты встречаются достаточно редко. Именно поэтому в рамках настоящей работы в качестве объекта анализа было принято решение рассмотреть города Европейского Севера, как одного из регионов России.

Методологический подход и материалы к исследованию

Основой исследования выступает один из методов оценки пространственной автокорреляции — расчет глобального и локального индексов Морана. На начальном этапе работ строится матрица расстояний между изучаемыми объектами (регионы, муниципальные образования, города). В нашем случае ими выступили города Европейского Севера России (68 ед.) и, соответственно, расстояния между ними по автомобильным дорогам¹. В качестве анализируемого показателя, по которому проводился расчет автокорреляции, была взята численность населения, проживающего в городе. Информационной базой исследования послужили официальные данные Федеральной службы государственной статистики РФ.

¹ При проведении расчетов могут использоваться расстояния как по прямой, так и по автомобильным, железным дорогам или воздушным путям. В настоящем исследовании использовались расстояния по автомобильным дорогам, однако был сделан ряд допущений. Например, к Воркуте не проложена обычная автомобильная дорога, которая связывала бы ее с другими городами, имеется только «зимник», то есть зимняя дорога от Воркуты до Ухты. Также с городом Островным тоже нет ни автомобильного, ни железнодорожного сообщения, добраться туда можно теплоходом. Для расчета расстояний для этих и других городов использовались общедоступные данные сайтов сети Интернет (<https://www.avtodispatcher.ru/distance/>; <https://www.google.com/maps>).

Посредством вычисления глобального индекса Морана (Global Moran's index) осуществляется проверка гипотезы о существовании пространственной

корреляции территорий. Формула для его расчета выглядит следующим образом:

$$I_G = \frac{N}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} * \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \mu)(x_j - \mu)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}, \quad (1)$$

где I_G — глобальный индекс Морана, N — число территориальных единиц (городов), w_{ij} — элемент матрицы пространственных весов, x — анализируемый показатель, μ — среднее значение анализируемого показателя.

Значения глобального индекса Морана находятся в диапазоне от -1 до 1 . Далее производится расчет математического ожидания глобального индекса Морана по формуле

$$E(I) = \frac{-1}{N-1}, \quad (2)$$

где $E(I)$ — математическое ожидание индекса, N — число территориальных единиц (городов).

Сопоставление расчетного значения глобального индекса Морана (I_G) с его математическим ожиданием ($E(I)$) позволяет сделать выводы о наличии пространственной автокорреляции и ее характере:

- если $I_G > E(I)$ — вероятно наличие положительной пространственной автокорреляции объектов (значения наблюдений для соседних городов близки друг к другу);

- если $I_G < E(I)$ — вероятно наличие отрицательной пространственной автокорреляции объектов (значения рассматриваемого показателя соседних городов различаются);
- если $I_G = E(I)$ — пространственная автокорреляция между городами отсутствует [18—20].

Для каждой территориальной единицы проводится анализ комбинации стандартизированных Z -значений исследуемого показателя и пространственного фактора W_Z . В более наглядном виде это можно представить посредством построения диаграммы рассеяния Морана. Каждый из анализируемых городов будет локализован в одном из четырех квадрантов (см. рисунок ниже).

Глобальный индекс Морана представляет собой сумму локальных индексов Морана ($LISA$), значения которых позволяют определить силу автокорреляции между одной конкретной территориальной единицей и соседними с ней.

Локальный индекс Морана рассчитывается по формуле

$$LISA = N * \frac{(x_i - \mu) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \mu)}{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu)^2}, \quad (3)$$

где $LISA$ — локальный индекс Морана, N — число территориальных единиц (городов), w_{ij} — элемент матрицы пространственных весов, x — анализи-

руемый показатель, μ — среднее значение анализируемого показателя.

<p>Квадрант LH (Low-High) Отрицательная автокорреляция Города с относительно низкой численностью населения соседствуют с городами с относительно высокой численностью населения</p>	<p>Квадрант HH (High-High) Положительная автокорреляция Города с относительно высокой численностью населения соседствуют с городами с относительно высокой численностью населения</p>
<p>Квадрант LL (Low-Low) Положительная автокорреляция Города с относительно низкой численностью населения соседствуют с городами с относительно низкой численностью населения</p>	<p>Квадрант HL (High-Low) Отрицательная автокорреляция Города с относительно высокой численностью населения соседствуют с городами с относительно низкой численностью населения</p>

Качественные характеристики городов, согласно пространственной диаграмме рассеяния Морана
Qualitative characteristics of cities according to the spatial Moran scattering diagram

Чем больше значение *LISA* по модулю, тем сильнее сходство города с территориями-соседями по анализируемому показателю.

Расчеты глобального и локального индексов Морана были проведены за два периода — 1989 и 2021 гг., что позволило выявить тенденции изменения пространственной автокорреляции между городами региона.

Результаты исследования

Территория Европейского Севера России, в состав которого входят Архангельская, Вологодская, Мурманская области, республики Карелия и Коми, а также Ненецкий автономный округ, отличается достаточно высоким уровнем урбанизации. По данным на 1 января 2021 г., численность городского населения составляла 3,5 млн чел. или 79,7% всех жителей региона, что выше среднероссийского уровня (74,7%).

В постсоветский период города Европейского Севера России потеряли более 20% своего населения: с 1989 по 2021 г. численность их жителей сократилась на 800 тыс. чел. Вместе с тем процессы депопуляции происходили в регионе крайне неравномерно. Лишь в шести городах численность населения увеличилась (Нарьян-Мар, Вологда, Мирный, Сыктывкар, Петрозаводск, Череповец). Для подавляющего же большинства населенных пунктов было характерно сокращение их людности более чем на 20%, а в шести из них — более чем на 50% (Беломорск, Заозерск, Сольвычегодск, Воркута, Инта, Островной).

Сравнение полученных величин глобального индекса Морана (I_G) с его математическим ожиданием ($E(I) = -0,0149$) позволяет сделать вывод о наличии отрицательной пространственной автокорреляции как в 1989 г. ($I_{G1989} = -0,0408$), так и в 2021 г. ($I_{G2021} = -0,0359$). Иными словами, расположенные рядом друг с другом города по численности населения скорее различны, чем схожи между собой.

Из представленных в таблице (с. 107) данных видно, что большая часть городов расположены в квадрантах *LH* и *LL*. Соответственно, можно сделать вывод, что в регионе преобладают небольшие по количеству жителей города, соседствующие с городами либо с высокой, либо с такой же низкой численностью населения.

В категорию экстремумов — городов, размещенных в квадранте *HL* и обладающих высокой численностью населения по сравнению с соседними территориями, попали пять крупных (Вологда, Череповец, Мурманск, Петрозаводск, Сыктывкар) и четыре средних (Ухта, Котлас, Апатиты, Воркута)

города региона. При этом важно отметить, что перечень городов в данном квадранте не претерпел изменений и совпадает по расчетам за 1989 и 2021 гг.

Группа городов в квадранте *HH* характеризуется наличием положительной автокорреляции, то есть это города с относительно высокой численностью населения, расположенные рядом с такими же многонаселенными городами. В 1989 г. в их число входили шесть городов: Архангельск, Северодвинск, Североморск, Печора, Инта, Мончегорск. По расчетам за 2021 г., Печора и Инта перешли в квадрант *LH*, а Мончегорск — в *LL*.

Количество городов с низкой численностью населения, соседствующих с городами с высокой численностью населения (квадрант *LH*), за период 1989—2021 гг. увеличилось с 27 до 30. При этом семь городов добавились в данную группу из квадранта *LL* (Вельск, Медвежьегорск, Вытегра, Тотьма, Суоярви, Никольск, Олонец) и два — из квадранта *HH* (Печора, Инта). Шесть городов, напротив, перешли в квадрант *LL* (Кировск, Оленегорск, Ковдор, Заполярный, Полярные Зори, Заозерск).

В 2021 г. количество городов с небольшой численностью населения, окруженных такими же малыми городами (квадрант *LL*) осталось прежним, однако сам состав претерпел определенные изменения: семь городов перешли в квадрант *LL*, а вместо них добавились один город из квадранта *HH* и шесть — из *LH*.

Расчет индексов локальной автокорреляции между городами (*LISA*) позволяет сделать ряд выводов о сходствах или различиях того или иного города с его соседями. Как в 1989 г., так и в 2021 г. максимальные значения *LISA* наблюдаются в Мурманске ($LISA_{1989} = 0,03037$, $LISA_{2021} = 0,02061$) и рядом с ним расположенным городом Колой ($LISA_{1989} = 0,01460$, $LISA_{2021} = 0,00932$), а также в Северодвинске ($LISA_{1989} = 0,015378$, $LISA_{2021} = 0,01240$).

Относительно высокие значения локального индекса Морана можно также наблюдать в Архангельске, Вологде, Череповце, Петрозаводске и Сыктывкаре, однако лишь для двух последних характерно увеличение показателей в 2021 г. по сравнению с 1989 г. На наш взгляд, это может быть обусловлено ростом людности данных городов на 5,1 и 4,2% соответственно.

Рассмотрим более детально результаты анализа показателей пространственной автокорреляции между городами в разрезе субъектов ЕСР. Важно отметить, что при интерпретации проведенных расчетов глобального и локального индексов Морана мы опирались на первый закон географии У. Тоб-

Кластеры городов Европейского Севера России, согласно диаграмме рассеяния Морана
Clusters of cities in the European North of Russia according to the Moran scattering diagram

Кластер LH		Кластер HH	
1989	2021	1989	2021
Новодвинск, Сокол, Мирный, Кондопога, Сосногорск, Нарьян-Мар, Онега, Грязовец, Емва, Бабаево, Вуктыл, Кола, Микунь, Харовск, Белозерск, Устюжна, Кириллов, Шенкурск, Кадников, Мезень, Островной, Кировск, Оленегорск, Ковдор, Заполярный, Полярные Зори, Заозерск	Печора (HH), Новодвинск, Сокол, Мирный, Кондопога, Сосногорск, Нарьян-Мар, Инта (HH), Вельск (LL) , Онега, Грязовец, Медвежьегорск (LL) , Емва, Бабаево, Вытегра (LL) , Вуктыл, Тотьма (LL) , Кола, Микунь, Харовск, Суоярви (LL) , Белозерск, Устюжна, Никольск (LL) , Олонец (LL) , Кириллов, Шенкурск, Кадников, Мезень, Островной	Архангельск Северодвинск Североморск Печора Инта Мончегорск	Архангельск Северодвинск Североморск
Итого: 27	Итого: 30	Итого: 6	Итого: 3
Кластер LL		Кластер HL	
1989	2021	1989	2021
Усинск, Коряжма, Великий Устюг, Костомукша, Кандалакша, Сегежа, Няндама, Сортавала, Полярный, Гаджиево, Снежногорск, Кемь, Питкяранта, Каргополь, Беломорск, Пудож, Лахденпохья, Красавино, Сольвычегодск, Вельск, Медвежьегорск, Вытегра, Тотьма, Суоярви, Никольск, Олонец	Мончегорск (HH) , Усинск, Коряжма, Великий Устюг, Костомукша, Кандалакша, Кировск (LH) , Сегежа, Оленегорск (LH) , Няндама, Сортавала, Полярный, Ковдор (LH) , Заполярный (LH) , Полярные Зори (LH) , Гаджиево, Снежногорск, Кемь, Питкяранта, Каргополь, Заозерск (LH) , Беломорск, Пудож, Лахденпохья, Красавино, Сольвычегодск	Череповец Вологда Мурманск Петрозаводск Сыктывкар Ухта Котлас Апатиты Воркута	Череповец Вологда Мурманск Петрозаводск Сыктывкар Ухта Котлас Апатиты Воркута
Итого: 26	Итого: 26	Итого: 9	Итого: 9

Примечания:

- составлено автором на основе собственных расчетов;
- курсивом выделены города, которые изменили свое положение в квадрантах диаграммы рассеяния Морана;
- в скобках указан квадрант, в котором был расположен город в 1989 г.

лера¹, согласно которому соседние города, будут взаимодействовать друг с другом чаще, чем расположенные на дальних расстояниях. Безусловно, это достаточно упрощенный подход, рассматривающий пространство лишь с позиции расстояний [21], однако в определенной степени он позволяет судить о наличии по крайней мере потенциальной связи между городами.

¹ Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things (Все связано со всем остальным, но близкие вещи более связаны, чем отдаленные).

Мурманская область

Мурманск выделяется из всей группы крупных городов самым высоким значением локального индекса Морана ($LISA_{1989} = 0,03037$, $LISA_{2021} = 0,02061$), что говорит о высоком уровне пространственной автокорреляции между ним и соседними городами. Это в первую очередь обусловлено тем, что Мурманск имеет в своем окружении самое большое количество относительно многонаселенных городов: на расстоянии менее чем 100 км от него расположены Североморск, Полярный, Гаджиево,

Снежногорск, Кола. При этом Североморск относится к категории «средних» городов: в 2021 г. в нем проживало 54,5 тыс. чел. (в 1989 г. — свыше 60 тыс.). Город расположен в 23 км от областного центра, а это дает основания полагать, что сила влияния Мурманска и Североморска друг на друга достаточно велика. Однако Североморск является закрытым административно-территориальным образованием (ЗАО), в связи с чем существует ряд объективных ограничений на развитие межмуниципального взаимодействия между ним и соседними городами. То же относится и к городам Гаджиево, Снежногорск и Полярный, входящим в состав ЗАО Александровск.

На территории Мурманской области выделяется еще одна группа соседствующих городов: Апатиты, Мончегорск, Кандалакша, Кировск, Оленегорск, Полярные Зори. Расстояние по автомобильным дорогам между данными населенными пунктами составляет менее 150 км. Города по численности населения разные, однако за период 1989—2021 гг. численность населения всех из них заметно сократилась — на 27—45%. Увеличение локального индекса Морана наблюдалось в трех из них: Мончегорске ($LISA_{1989} = 0,00004$, $LISA_{2021} = 0,00011$), Кандалакше ($LISA_{1989} = 0,00006$, $LISA_{2021} = 0,00043$) и Полярных Зорях ($LISA_{1989} = 0,0001$, $LISA_{2021} = 0,00063$). Самый крупный из них — Мончегорск, относящийся к категории городов с высокой численностью населения, соседствующих с такими же относительно крупными городами (квадрант *HH* в 1989 г.), переместился в группу относительно малонаселенных городов, окруженных себе подобными (квадрант *LL* в 2021 г.). При этом значение *LISA* для города увеличилось почти в 3 раза. Вкупе это дает основания полагать, что на фоне снижения численности населения более крупных по людности Мурманска и Апатитов сила пространственного взаимодействия между ними и Мончегорском ослабла, однако на локальном уровне влияние последнего на близко расположенные города, напротив, усилилось.

Республика Карелия

Анализ динамики локального индекса Морана для Петрозаводска свидетельствует об увеличении показателя в период с 1989 по 2021 г.: $LISA_{1989} = 0,0057$, $LISA_{2021} = 0,00681$. В расположенной в 57 км от него Кондопоге значения индекса также выросли: $LISA_{1989} = 0,00052$, $LISA_{2021} = 0,00078$. Численность населения республиканского центра в 2021 г. почти в 10 раз превосходит людность Кондопоги, что вполне объясняет положение городов на диаграмме рассеяния Морана: Кондопога

расположена в квадранте *LH*, а Петрозаводск, соответственно, в квадранте *HL*.

Среди малых и средних городов республики можно выделить несколько групп. Первая из них — это населенные пункты севернее Петрозаводска и Кондопоги, расположенные практически друг за другом по цепочке вдоль автомобильных магистралей: Медвежьегорск, Сегежа, Беломорск и Кемь. На диаграмме рассеяния Морана эти города, по расчетам за 1989 г., находились в квадранте *LL* и практически все не изменили своего положения в 2021 г. Исключением стал Медвежьегорск, который перешел в квадрант *LH*, что можно объяснить заметным снижением в нем численности населения (–32,1% к 1989 г.) на фоне увеличившейся людности Петрозаводска (+4,2%), который расположен лишь в 164 км от него.

Следующая группа — это города вдоль побережья Ладожского озера и соседние с ними: Сортавала, Питкяранта, Лахденпохья, Олонец, Суоярви. По данным за 1989 г., все эти города располагались в квадранте *LL*, однако в 2021 г. Суоярви и Олонец перешли в квадрант *LH*.

Города Костомукша и Пудож по своему территориальному положению выделяются на фоне других городов. Ближайший к Костомукше город Сегежа расположен в 247 км от нее. На диаграмме рассеяния Морана данный населенный пункт вполне ожидаемо находится в квадранте *LL*, при этом и так небольшое значение локального индекса Морана за 1989—2021 гг. еще уменьшилось: $LISA_{1989} = 0,00013$, $LISA_{2021} = 0,00009$.

Город Пудож расположен на противоположной стороне Онежского озера и находится на достаточно удаленном расстоянии от других городов республики. Он локализован в квадранте *LL* и отличается сравнительно высоким значением локального индекса Морана ($LISA_{1989} = 0,00047$, $LISA_{2021} = 0,00021$). Однако это обусловлено наличием пространственной автокорреляции скорее не с городами Республики Коми, а с расположенным менее чем в 100 км от него городом Вытегра Вологодской области.

Республика Коми

Особенностью Сыктывкара является его удаленность от других относительно больших городов ЕСР. Ухта с населением более 92,5 тыс. и Котлас с 68 тыс. чел. расположены на расстоянии более 300 км от него. Зато рядом с Сыктывкаром находятся два малых города — Емва (12,4 тыс. чел.) и Микунь (9,4 тыс.). Соответственно, региональный центр республики Коми на диаграмме рассеяния Морана попадает в квадрант *HL*.

Подавляющее большинство малых и средних городов республики и по настоящее время остаются сырьевыми центрами. За исследуемый период в Воркуте, Инте, Вуктыле численность населения сократилась более чем на 50%, в Печоре — на 42, в Усинске — на 21,2. Столь заметная отрицательная динамика сказалась на положении городов на диаграмме рассеяния Морана. В силу достаточно больших расстояний между городами республики, несмотря на то что людность Воркуты уменьшилась в 2 раза, город не изменил своего положения по сравнению с 1989 г. и по-прежнему находится в квадранте *HL*. Данный факт, на наш взгляд, можно объяснить параллельно протекающими процессами депопуляции в других северных городах региона. А вот Инта за рассматриваемый период потеряла более 60% своих жителей (с 60,2 тыс. до 23,7 тыс. чел.) и из среднего города превратилась в малый, перейдя из квадранта *HH* в *LH*. Аналогичная ситуация произошла с Печорой, которая таким же образом изменила свое положение на диаграмме рассеяния Морана.

На фоне других малых городов Республики Коми выделяются Ухта и Сосногорск. Данные населенные пункты расположены в 18 км друг от друга, причем Сосногорск выступает по отношению к Ухте городом-спутником, так как численность проживающего в нем населения в 3,6 раза меньше. Соответственно, и по результатам расчетов получилось, что Ухта попала в квадрант *HL*, а Сосногорск — в *LH*. В 1989—2021 гг. в обоих населенных пунктах численность населения сократилась примерно на одинаковую величину (15—16%), вследствие чего их локальные индексы Морана снизились: в Ухте — $LISA_{1989} = 0,0011$, $LISA_{2021} = 0,0009$, в Сосногорске — $LISA_{1989} = 0,00093$, $LISA_{2021} = 0,00086$.

Архангельская область

Архангельск является не только самым крупным городом на Европейском Севере России, но и единственным имеющим в качестве ближайшего соседа большой город — Северодвинск, численность населения которого в 2021 г. составляла более 180 тыс. чел. Именно поэтому оба населенных пункта на диаграмме рассеяния Морана попали в квадрант *HH*. Расположенный рядом с ними малый город Новодвинск (37,3 тыс. чел.), соответственно, находится в квадранте *LH*. В силу того что людность данных городов уменьшилась, значения локального индекса Морана также сократились: в Архангельске — $LISA_{1989} = 0,01181$, $LISA_{2021} = 0,00885$; в Северодвинске — $LISA_{1989} = 0,01538$, $LISA_{2021} = 0,01240$.

В области можно выделить группу относительно обособленных городов: Онега, Няндома, Мирный, Шенкурск, Вельск и Каргополь. Данные населенные пункты расположены относительно равномерно по территории региона и во многом именно они выступают опорными центрами для прилегающей сельской периферии. Положение городов Мирный, Онега и Шенкурск на диаграмме рассеяния Морана в 2021 г. по сравнению с 1989 г. не изменилось — они локализованы в квадранте *LH*. Стабильно и положение Няндомы и Каргополя — в квадранте *LL*. Вельск — единственный перешедший из квадранта *LL* в *LH*. Причиной этого, на наш взгляд, стал заметный рост численности населения ближайшего к Вельску крупного города — Вологды, расположенного на расстоянии 258 км от него.

Единственный город в Ненецком автономном округе Нарьян-Мар в 2021 г. имел практически самое низкое значение локального индекса Морана (меньше было только в Воркуте). Населенный пункт находится на значительном расстоянии не только от крупных, но и от малых городов. Вместе с тем благодаря активному развитию экономики за счет добычи углеводородов темпы роста численности населения города являются самыми высокими за последние 30 лет (+26,5% в 2021 г. к 1989 г.).

Вологодская область

Особенностью городской системы расселения является наличие двух крупных и примерно равных по численности населения городов — Вологды и Череповца, людность которых в 2021 г. составляла 308,5 тыс. и 312,1 тыс. чел. соответственно. Для обоих населенных пунктов характерна положительная динамика численности населения в период с 1989 по 2021 г.

Вологда имеет высокий индекс Морана, значение которого за исследуемый период практически не изменилось: $LISA_{1989} = 0,00785$, $LISA_{2021} = 0,00779$. На наш взгляд, это обусловлено в первую очередь наличием в ближайшем окружении Вологды нескольких малых городов: Сокола, Грязовца, Кадникова, Харовска, Кириллова, расположенных в квадранте *LH*.

Локальный индекс Морана для Череповца также достаточно высокий: $LISA_{1989} = 0,00416$, $LISA_{2021} = 0,00211$. Снижение показателя может быть обусловлено в первую очередь заметным сокращением численности населения в соседних малых городах — Белозерске (–31,5%), Устюжне (–17,4%) и Кириллове (–16,4%).

Расположенные на достаточно большом расстоянии от других городов Вытегра, Тотьма

и Никольск, по расчетам за 1989 г., находились в квадранте *LL*, однако в 2021 г. перешли в квадрант *HL*. По нашему мнению, это можно объяснить увеличением силы влияния крупных городов: Вологды — для Тотьмы и Никольска, а Петрозаводска — для Вытегры.

Пограничные города

На границе Вологодской и Архангельской областей имеется несколько малых и средних городов, расположенных в непосредственной близости друг от друга: Котлас, Коряжма, Сольвычегодск, Великий Устюг и Красавино. Самый крупный из них — Котлас, людность которого составляет 62,3 тыс. чел., расположен в квадранте *HL* и выступает своеобразным центром для группы соседних городов, что подтверждается их размещением в квадранте *LL*. Несмотря на негативную динамику численности населения в ряде городов, каждый из населенных пунктов за последние 30 лет не изменил своего положения на диаграмме рассеяния Морана. Это, на наш взгляд, свидетельствует о достаточной устойчивости данной локальной городской системы. Вместе с тем значения *LISA* за анализируемый период выросли лишь для одного города — Котласа ($LISA_{1989} = 0,00037$, $LISA_{2021} = 0,00058$), что может говорить об увеличении силы его влияния на соседние города.

Заключение

Таким образом, посредством расчетов глобального и локального индексов Морана можно сделать ряд выводов о трансформации городской сети расселения Европейского Севера России за период с 1989 по 2021 г. Во-первых, произошло усиление влияния крупных городов не только на близко расположенные, но и на относительно удаленные от них малые и средние города. Например, изменение положения городов на диаграмме рассеяния

Морана говорит о повышении роли Петрозаводска для Медвежьегорска, Суоярви, Олонца, Вытегры, а Вологды — для Тотьмы, Никольска, Вельска.

Во-вторых, наблюдается укрепление положения некоторых малых и средних городов, находящихся за пределами городских агломераций, как узловых элементов опорного каркаса расселения. Так, на фоне заметного снижения людности Мурманска и Апатитов, город Мончегорск приобретает все больше шансов выступить в роли локального центра для соседних, меньших по численности жителей населенных пунктов.

В-третьих, появились группы городов, которые могут рассматриваться как формирующиеся городские агломерации. Например, в Республике Коми это Ухта и ее город-спутник Сосногорск, на границе Вологодской и Архангельской областей — скопление городов Коряжма, Сольвычегодск, Великий Устюг и Красавино вокруг более крупного по показателям людности Котласа. Данный вывод подтверждается и работами других авторов [22; 23].

В целом городскую сеть Европейского Севера России, на наш взгляд, целесообразно рассматривать как единую систему, поскольку результаты исследования продемонстрировали, что изменение людности городов одного субъекта федерации оказывает влияние на изменение положения населенных пунктов соседнего региона на диаграмме рассеяния Морана. Группа городов на границе между Архангельской и Вологодской областями, примеры Петрозаводска и Вытегры, а также Вологды и Вельска являются ярким тому подтверждением.

Актуальной задачей дальнейших исследований по изучению городской системы расселения и развития регионального экономического пространства Европейского Севера России представляется проведение более глубокого анализа производственных и социальных связей между городами.

Список источников

1. Изотов Д. А. Экономический рост и урбанизация в России: региональный аспект // Регион: Экономика и Социология. 2017. № 3 (95). С. 69—92. DOI: 10.15372/REG20170304.
2. Ускова Т. В., Секушина И. А. Стратегические приоритеты развития малых и средних городов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14, № 1. С. 56—70. DOI: 10.15838/esc.2021.1.73.5.
3. Секушина И. А. Оценка сбалансированности городской системы расселения Европейского Севера России // Регионология. 2021. Т. 29, № 3 (116). С. 642—665.
4. Moran P. A. P. Notes on continuous stochastic phenomena // *Biometrika*. 1950. Vol. 37 (1—2). P. 17—33.
5. Anselin L. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1988. 304 p.
6. Chasco C. Y. *Course on Spatial Econometrics with Applications. Session 2: Spatial Effects*. 2007. URL: <https://studylib.net/doc/18381340/session-3--spatial-autocorrelation-tests>.

7. Bivand R., Muller W., Reeder M. Power calculations for global and local Moran's I // *Computational Statistics and Data Analysis*. 2009. Vol. 53, no. 8. P. 2859—2872.
8. Haining R. P. Spatial autocorrelation and the quantitative revolution // *Geographical Analysis*. 2009. Vol. 41, iss. 4. P. 364—374.
9. Chen Y. G., Jiang S. G. Modeling fractal structure of systems of cities using spatial correlation function // *International Journal of Artificial Life Research*. 2010. Vol. 1 (1). P. 12—34.
10. Chen Y. New Approaches for Calculating Moran's Index of Spatial Autocorrelation // *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8, no. 7. DOI: 10.1371/journal.pone.0068336.
11. Cliff A. D., Ord J. K. The problem of spatial autocorrelation // *London Papers in Regional Science 1, Studies in Regional Science* / ed. by A. J. Scott. London: Poin, 1969. P. 25—55.
12. Getis A., Ord J. The analysis of spatial association by use of distance statistic // *Geographical Analysis*. 1992. Vol. 24, no. 3. P. 189—206.
13. Das K., Diawara N. New Approaches to Model Simulated Spatio-Temporal Moran's Index // *Journal of Probability and Statistical Science*. 2018. Vol. 16. P. 11—24.
14. Манаева И. В. Формирование методологии стратегирования пространственного развития городов России: монография. СПб.: ИПЦ СЗИУ РАНХиГС, 2020. 368 с.
15. Макарова М. Н. Моделирование социально-демографической асимметрии территориального развития // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2021. Т. 14, № 2. С. 29—42. DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.2.
16. Суворова А. В. Развитие полюсов роста в Российской Федерации: прямые и обратные эффекты // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2019. Т. 12, № 6. С. 110—128. DOI: 10.15838/esc.2019.6.66.6.
17. Павлов Ю. В., Королева Е. Н. Пространственные взаимодействия: оценка на основе глобального и локального индексов Морана // *Пространственная экономика*. 2014. № 3. С. 95—110. DOI: 10.14530/se.2014.3.95-110.
18. Манаева И. В., Канищева А. В. Оценка пространственной автокорреляции в городах Сибирского федерального округа // *Пространственное развитие территорий: сб. науч. тр. III Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 26—27 нояб. 2020 г. / под ред. Е. А. Стрябковой, А. М. Кулик. Белгород: Белгород. гос. нац. исслед. ун-т, 2020. С. 25—32.*
19. Смирнова О. П. Оценка интеграционных взаимодействий промышленных кластеров в РФ // *Финансовая экономика*. 2019. № 10. С. 214—218.
20. Патракова С. С. Внутрирегиональная асимметрия: исследование инструментами пространственного анализа // *Научный журнал НИУ ИТМО. Сер.: Экономика и экологический менеджмент*. 2021. № 3. С. 86—97. DOI: 10.17586/2310-1172-2021-14-3-86-97.
21. Смирнягин Л. В. Судьба географического пространства в социальных науках // *Известия Российской академии наук. Сер.: Географическая*. 2016. № 4. С. 7—19. URL: <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-4-7-19>.
22. Ворошилов Н. В. Подходы к оценке развитости агломераций на территории России // *Проблемы развития территории*. 2019. № 4 (102). С. 40—54. DOI: 10.15838/ptd.2019.4.102.2.
23. Лола А. М. Городское и агломерационное управление в России: состояние и что делать. М.: Канон+ РООИ «Реабилитация», 2013. 292 с.

References

1. Izotov DA. Economic growth and urbanization in Russia: regional aspect. *Region: Economics and Sociology*. 2017;(3(95):69-92. DOI: 10.15372/REG20170304. (In Russ.).
2. Uskova TV, Sekushina IA. Strategic priorities for the development of small and medium-sized cities. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*. 2021;(14-1):56-70. DOI: 10.15838/esc.2021.1.73.5. (In Russ.).
3. Sekushina IA. Assessment of the balance of the urban settlement system of the European North of Russia. *Regionology*. 2021;(29-3(116):642-665. (In Russ.).
4. Moran PAP. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*. 1950;(3-1-2):17-33.
5. Anselin L. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publ.; 1988. 304 p.
6. Chasco CY. *Course on Spatial Econometrics with Applications. Session 2: Spatial Effects*. 2007. URL: <https://studylib.net/doc/18381340/session-3--spatial-autocorrelation-tests>.

7. Bivand R, Muller W, Reeder M. Power calculations for global and local Moran's I. *Computational Statistics and Data Analysis*. 2009;(53):2859-2872.
8. Haining RP. Spatial autocorrelation and the quantitative revolution. *Geographical Analysis*. 2009;(41-4):364-374.
9. Chen YG, Jiang SG. Modeling fractal structure of systems of cities using spatial correlation function. *International Journal of Artificial Life Research*. 2010;(1(1)):12-34.
10. Chen Y. New Approaches for Calculating Moran's Index of Spatial Autocorrelation. *PLoS ONE*. 2013;(8-7). DOI: 10.1371/journal.pone.0068336.
11. Cliff AD, Ord JK. The problem of spatial autocorrelation. In: Scott AJ (ed.). *London Papers in Regional Science 1, Studies in Regional Science*. London: Poin; 1969. Pp. 25—55.
12. Getis A, Ord J. The analysis of spatial association by use of distance statistic. *Geographical Analysis*. 1992;(24-3):189-206.
13. Das K, Diawara N. New Approaches to Model Simulated Spatio-Temporal Moran's Index. *Journal of Probability and Statistical Science*. 2018;(16):11-24.
14. Manaeva IV. Formation of methodology for strategizing spatial development of Russian cities: monograph. St. Petersburg: CPI SPIU RANEPА; 2020. 368 p. (In Russ.).
15. Makarova MN. Modeling of socio-demographic asymmetry of territorial development. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*. 2021;(14-2):29-42. DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.2. (In Russ.).
16. Suvorova AV. Development of growth poles in the Russian Federation: direct and reverse effects. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*. 2019;(12-6):110-128. DOI: 10.15838/esc.2019.6.66.6. (In Russ.).
17. Pavlov YV, Koroleva EN. Spatial interactions: assessment based on global and local Moran indices. *Spatial Economics*. 2014;(3):95-110. DOI: 10.14530/se.2014.3.95-110. (In Russ.).
18. Manaeva IV, Kanishcheva AV. Assessment of spatial autocorrelation in the cities of the Siberian Federal District. In: Stryabkova EA, Kulik AM (eds.). *Spatial development of territories: collection of scientific papers of the III International Scientific and Practical Conference, Belgorod, November 26—27, 2020*. Belgorod: Belgorod State National Research University; 2020. Pp. 25—32. (In Russ.).
19. Smirnova OP. Evaluation of integration interactions of industrial clusters in the Russian Federation. *Financial Economics*. 2019;(10):214-218. (In Russ.).
20. Patrakova SS. Intraregional asymmetry: research by spatial analysis tools. *Scientific journal of NIU ITMO. Series: Economics and Environmental Management*. 2021;(3):86-97. DOI: 10.17586/2310-1172-2021-14-3-86-97. (In Russ.).
21. Smirnyagin LV. The fate of geographical space in social sciences. *News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series*. 2016;(4):7-19. URL: <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-4-7-19>. (In Russ.).
22. Voroshilov NV. Approaches to assessing the development of agglomerations on the territory of Russia. *Problems of territory development*. 2019;(4(102):40-54. DOI: 10.15838/ptd.2019.4.102.2. (In Russ.).
23. Lola AM. *Urban and agglomeration management in Russia: the state and what to do*. Moscow: Canon+ ROOI "Rehabilitation"; 2013. 292 p. (In Russ.).

Информация об авторе

И. А. Секушина — кандидат экономических наук, научный сотрудник отдела проблем социально-экономического развития и управления в территориальных системах.

Information about the author

Irina A. Sekushina — Candidate of Economic Sciences Sciences, Researcher of the Department of Problems of Socio-economic Development and Management in Territorial Systems.

Статья поступила в редакцию 10.11.2022; одобрена после рецензирования 17.11.2022; принята к публикации 05.12.2022.

The article was submitted 10.11.2022; approved after reviewing 17.11.2022; accepted for publication 05.12.2022.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.