

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

© 2023 г. С. С. Лачининский^a, *, И. А. Логвинов^b, **, И. С. Сорокин^c, ***

^aСанкт-Петербургский государственный университет, Институт проблем региональной экономики РАН, Санкт-Петербург, Россия

^bИнститут территориального планирования “Урбаника”, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

^cИнститут проблем региональной экономики РАН, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: lachininsky@gmail.com

**E-mail: ilia.logwinov@yandex.ru

***E-mail: IvannSPb@yandex.ru

Поступила в редакцию 19.01.2023 г.

После доработки 29.03.2023 г.

Принята к публикации 02.06.2023 г.

Статья посвящена обзору, обоснованию современных методов исследования и источников данных по динамике пространственной структуры крупнейших российских городских агломераций. Объектом исследования являются — современные методы и источники данных, а предметом — возможности их использования. На примере второй агломерации в России — Санкт-Петербургской городской агломерации — показано, что междисциплинарный синтез в рамках социально-экономической географии, региональной экономики, городских исследований, геоинформатики и картографии, землеустройства, с применением разнообразных источников данных (данные сотовых операторов, налоговая статистика, жилищное строительство, данные спутниковых наблюдений, деятельность розничных сетей, дорожная сеть), а также использование современных ГИС-комплексов, позволяют оценить эту структуру, ее изменения и пульсацию. Основная задача данного исследования в том, чтобы сделать обзор и критически переосмыслить методы изучения пространственной структуры одной из крупнейших городских агломераций России (Санкт-Петербургской), развивающейся в турбулентный период между 2014 и 2022 гг. Была проведена инвентаризация различных методов и источников данных, с помощью метода рассуждений. Далее выявлены преимущества и недостатки каждой группы методов. Благодаря глубокому библиографическому анализу были выявлены ограничения и возможности эмпирического наполнения (наличие конкретных источников данных). На основе критического анализа преимуществ и недостатков получена итоговая балльная оценка применимости и полезности рассмотренных методов для Санкт-Петербургской городской агломерации. Авторский вклад заключается в адаптации современных групп методов исследования пространственной структуры городов для изучения рассмотренной агломерации, с учетом локальной специфики и оценка применимости и полезности рассмотренных методов именно для Санкт-Петербургской городской агломерации. Предполагается, что разработка современной методики изучения пространственной структуры Санкт-Петербургской городской агломерации, основанной на симбиозе современных методов и источников данных внесет определенный вклад в исследования крупнейших российских агломераций.

Ключевые слова: Санкт-Петербургская городская агломерация, пространственная структура, динамика, методика, источники данных, возможности использования

DOI: 10.31857/S0869607123010044, **EDN:** ICAKMQ

ВВЕДЕНИЕ

Города играют важную роль в жизни общества и эта роль продолжает расти по мере роста урбанизации в мире: в 2020 г. в городах проживало уже более 56%, а к 2030 г. доля горожан в мире увеличится до 60% или 5.2 млрд чел. [43]. Развитие городов и их эффективность зависит от множества факторов: экономико-географического положения; влияния экономической ситуации на уровне региона, страны, мира; смена технологических укладов и, не в последнюю очередь, от пространственной структуры города [17]. Функциональные (варианты землепользования) и морфологические (этажность застройки, взаиморасположение домов и др.) элементы пространства города влияют на комфортность городской среды и эффективность организации пространства, что, в конечном счете, влияет на социально-экономическое развитие города [33].

Актуальность исследований пространственной структуры возрастает и не в последнюю очередь это связано с увеличением количества, качества и особенно доступностью данных, позволяющих применять новые или эффективнее использовать старые методы исследования. К таким данным относятся материалы спутникового зондирования (например, изменения в землепользовании по территории) [35]), данные сотовых операторов [1, 2], реестров субъектов экономической деятельности (например, на основе базы данных СПАРК-Интерфакс [18]), материалы открытых картографических основ (например, данные проекта Open Street Map (OSM) [36]), данные о точках интересов [44], данные о возрасте домов (например, данные реформы ЖКХ [10] и другие, а также их интеграция (например, интеграция данных дистанционного зондирования и данных OSM для выделения типов новой застройки [41]). Особенностью обозначенных данных является то, что они игнорируют административно-территориальное деление (АТД), позволяющие получить более объективную картину пространственных явлений и исключить ошибку модифицируемых площадных ареалов [42].

Однако большинство данных (в целом это не касается только данных дистанционного зондирования), которыми пользуются исследователи, обладают своими индивидуальными особенностями. Например, данные о субъектах экономической деятельности исследователи извлекают из реестров, формируемых с разной полнотой и в том же контексте они могут включать или только юридических лиц [18], но и физических лиц (индивидуальных предпринимателей) [27]. Здесь в пример можно поставить данные о жилом фонде, когда исследователи из Польши применяют только информацию о местоположении зданий и годе их постройки [39], а в России, в рамках проекта реформы ЖКХ, имеются данные по этажности, жилой и нежилой площади зданий [20]. Имеются и варианты, когда исследователи создают уникальные наборы данных, которые сложно сформировать для других территорий (например, данные о жилищных проектах) [11]. Обозначенные различия в целом связаны с различиями в темпах цифровизации, доступности открытых данных, что с одной стороны является препятствием для абсолютно точного повторения исследований для любой территории, а с другой стороны дает возможности для улучшений или создания нового.

Индивидуальность данных обуславливает необходимость актуализации методики и эмпирической базы в контексте исследования Санкт-Петербурга. Это позволит рассмотреть пространственную структуру Санкт-Петербургской агломерации по-новому, получить более объективную картину тех или иных элементов пространства агломерации.

МЕТОДЫ И ДАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для актуализации методов и источников данных для исследования городских агломераций были рассмотрены современные географические и социально-экономические работы, на основе общей междисциплинарной пространственной парадигмы, по городской проблематике, опубликованные в высокорейтинговых зарубежных и отечественных журналах. Разобранные методы *были разбиты на группы* в зависимости от применяемых данных и были адаптированы для целей исследования Санкт-Петербургской городской агломерации с учетом имеющейся обеспеченности данными.

На основе анализа современного опыта изучения пространственной структуры городских агломераций можно в целом выделить 4 группы методов исследования, в зависимости *от используемых типов данных*:

- 1) данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ);
- 2) данные о зданиях, данные о местоположении экономических акторов (юридические лица и розничные сети);
- 3) данные сотовых операторов;
- 4) данные о дорожной сети.

Обозначенный перечень не является исчерпывающим, однако в контексте Санкт-Петербургской агломерации является наиболее применимым, т.к. эти группы методов уже прошли определенную апробацию и могут быть использованы в ближайших исследованиях.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Использование мультиспектральных космических снимков для изучения пространственной структуры городов является крайне распространенным методом исследования, особенно в развивающихся странах [35, 37]. Наиболее часто для таких работ используются космоснимки проекта Landsat, имеющие продолжительный временной ряд, но данные космические снимки, с пространственным разрешением до 30 м, не позволяют учесть функциональную неоднородность города и его новых территорий [40]. Конечно, часть исследователей в целом используют возможности и получают космические снимки очень высокого разрешения (1–10 м), которые позволяют выделить функциональные особенности территории [35]. Однако получить аналогичные данные могут не все. В целом качественная классификация космоснимков зачастую является трудоемким процессом, воспроизводимость которого для других территорий последующими исследователями затруднена (особенно не профильными специалистами в области ДДЗЗ) [31].

Исходя из этого использование данных дистанционных зондирования можно адаптировать для Санкт-Петербургской агломерации путем использования уже обработанных ДДЗЗ. Это позволит задействовать такие материалы для большего круга исследователей, а также упростит возможность повторения такого исследования для других территорий. Наиболее качественным вариантом обработанных ДДЗЗ, по мнению авторов, являются данные из проекта *Global Human Settlement Layer (GHSL)* [41].

Летом 2022 г. был выпущен обновленный набор материалов, содержащий данные на 2018 год о *городской застройке* в пространственном разрешении 10 м (классификация на основе машинное обучения снимков Sentinel-2), *этажности* (на основе интеграции с цифровой моделью рельефа) и *функциональном назначении* (на основе интеграции с функциональным зонированием в проекте OSM), *застройки* в пространственном разрешении 100 м для исследования пространственной структуры в моменте. Для исследования динамики застройки можно использовать более старые данные с пространственным разрешением 30 м (снимки Landsat) на 1975–2015 гг. (рис. 1). Также возможно извлечение количественных характеристик на основе агрегирования данных по регулярной сетке (например, 250 м или 1 км [31]) по административно-территориальным единицам.

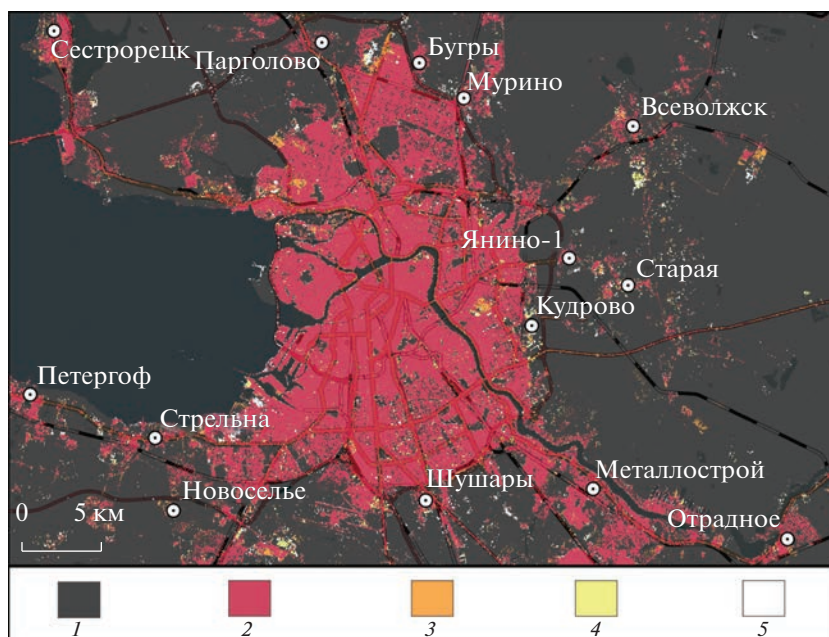


Рис. 1. Период появления городской застройки, 1 – застройка отсутствует, 2 – была в 1975 г., 3 – с 1975 по 1990 гг., 4 – с 1990 по 2000 гг., 5 – с 2000 по 2015 гг., на основе данных проекта GHSL, пространственное разрешение 30 м.

Fig. 1. Built-Up dynamics based on GHSL data, spatial resolution 30 m.

Данный способ оценки пространственного развития агломерации *применим для выявления и описания практически всех процессов в агломерации*. Возможно охарактеризовать урбанизацию, выражающуюся в данном способе появлением новых ячеек городской застройки, примыкающих к городскому ядру, или субурбанизацию, выражающуюся в появлении городских ячеек.

Преимуществами данной методики является полное игнорирование данных статистических служб, т.к. они абсолютно не используются при дистанционном зондировании Земли. Также эти данные обладают таким важным свойством как запечатление полноценного временного среза: космоснимок представляет однозначную информацию о пространстве в исследуемом периоде, в отличие от данных по возрасту зданий, когда неизвестно, что было на этом месте до года постройки. *Недостатком данного способа* можно считать создание новой ошибки модифицируемых площадных ареалов в виде ячеек космоснимка (в целом не столь критична при разрешении 30 на 30 м). Также недостатком является отсутствие учета наполнения пространства ячейки с застройкой: т.к. ячейки с размером 30×30 м просто делятся на застройку и не застройку (без учета той же этажности), то ячейка застройки может являться, например, индустриальным центром, зоной исторического центра, многоэтажными новостройками и т.д., в то время как по ДДЗЗ определить это будет невозможно.

Данные о зданиях. Исследование застройки на основе данных о большинстве зданий города стали значительно доступнее в наши дни за счет развития геоинформационных средств и доступности данных [32]. Качество доступных данных влияет на то, что можно исследовать: наличие данных о возрасте построек позволяет исследовать динамику пространственной структуры города, а наличие данных по этажности и особен-

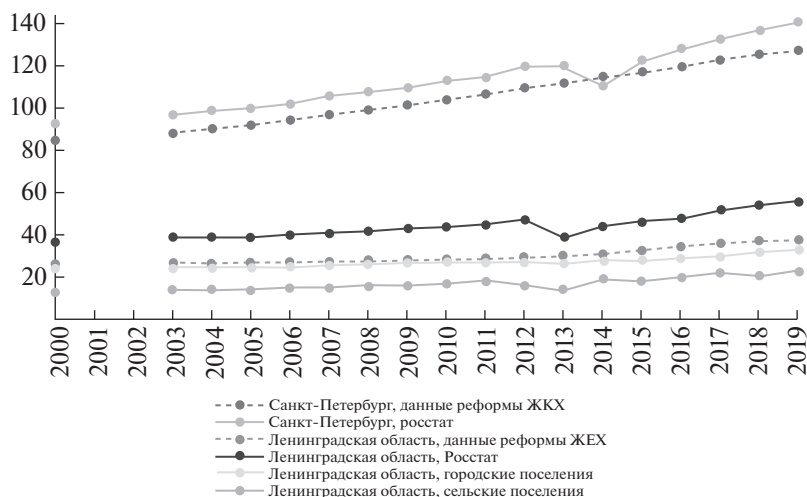


Рис. 2. Площадь жилого фонда Ленинградской области и Санкт-Петербурга, млн. м², по данным Росстата (сплошные линии) и оценка на основе данных реформы ЖКХ (пунктирная линия), составлено автором по [23].

Fig. 2. The area of the housing stock in the Leningrad Oblast and St. Petersburg, million m², according to Federal State Statistics Service (solid lines) and an estimate based on based on Housing and Utilities reform data (dashed lines), compiled by the author based on.

но жилой площади позволяет косвенно рассмотреть плотность населения в пространстве города [39]. Также возможно изучение жилищного строительства, основанное на картографировании крупных жилищных проектов и их анализе [11].

Однако, по мнению авторов, наиболее значимыми являются данные реформы ЖКХ, которые являются открытыми и доступными для скачивания с сайта [23]. Они содержат данные о площади жилых помещений многоквартирных домов, годе и серии постройки, инфраструктуре многоквартирного дома и самое главное, адрес в соответствии с федеральной информационно-адресной системой (ФИАС). Это позволяет сделать географическую привязку данных реформы ЖКХ в виде точек при помощи геокодирования и в дальнейшем использовать для анализа жилищного строительства, с отрывом от АТД. Данные реформы ЖКХ уже активно используются в исследованиях градостроителей, планировщиков и архитекторов [10], урбанистов [20], или картографов [3] и другие. Жилищное строительство является важным элементом. масштабное жилищное строительство вызывает изменения пространственной структуры расселения, рабочих мест, маятниковой миграции, транспортных потоков в агломерации, а через миграционный приток связано с национальной системой расселения и межрегиональным неравенством [12].

Данный метод можно адаптировать для Санкт-Петербургской агломерации, из-за того, что в целом жилой фонд представлен, прежде всего, многоквартирными домами: недооценка жилищного фонда из-за отсутствия данных по индивидуальному жилищному строительству по Санкт-Петербургу составляет 7.8%, а по Ленинградской области 31.8% (рис. 2).

В качестве примера можно привести использование сетки гексагонов, для отображения пространственных закономерностей о вводе жилого фонда в 2000–2008 гг. (рис. 3), периода, по которому затруднены количественные оценки из-за преобладания точечной, уплотнительной застройки [7].

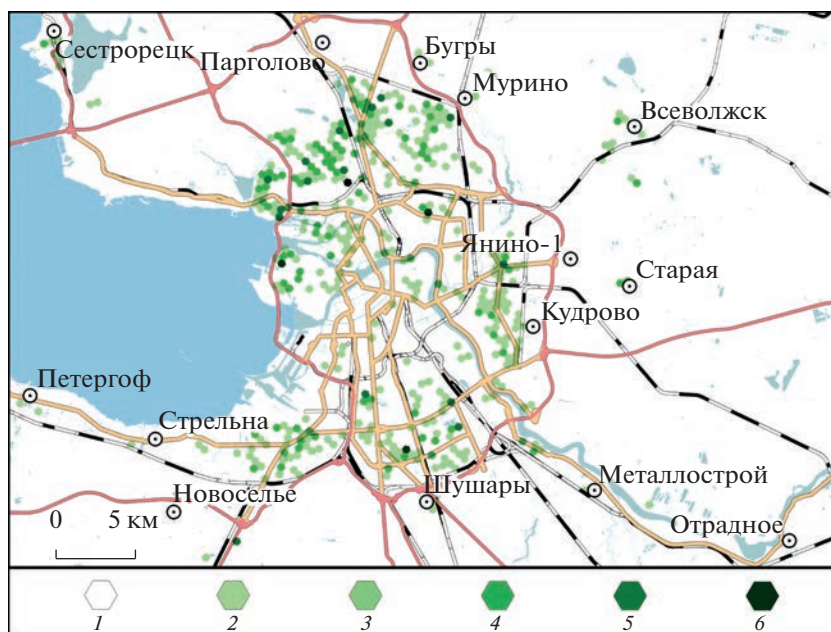


Рис. 3. Объем ввода жилого фонда многоквартирных домов в 2000–2008 гг., тыс. м² в гексагоне 0.25 км²: 1 – отсутствует, 2 – 1–50, 3 – 50–100, 4 – 100–150, 5 – 150–250, 6 – 250–400, на основе данных реформы ЖКХ.
Fig. 3. Spatial distribution of housing stock apartment house in 2000–2008, based on Housing and Utilities reform data.

Данные реформы ЖКХ позволяют исследовать *косвенное распределение населения в агломерационном пространстве*, как напрямую, через показатель жилищной обеспеченности, так и косвенно, за счет перераспределения данных статистики по домам на основе их площади (основа дазиметрического метода отображения пространственных явлений [38]). Также за счет данных о годе постройки следует рассматривать пространственно-временную динамику жилищного строительства.

Что касается *недостатков*, то следует отметить невозможность фиксации полноценного временного среза (данные просто обновляются, а архивных версий еще не предусмотрено), т.к. невозможно установить, что было на месте многоквартирного дома, до его постройки (станет особенно актуально в случае полноценной реновации в Санкт-Петербурге). Недостатком также является отсутствие данных по немногоквартирным домам, из-за чего использование данного метода для исследования пригородных территорий за пределами городского ядра может быть затруднительно.

Данные о местоположении экономических акторов. Базы данных по юридическим лицам, активно используемые при изучении экономики предприятий, также начинают активно использовать в экономико-географических исследованиях [18, 27, 34].

Данные о локализации и выручке юридических лиц являются первичными статистическими данными, которые агрегируются на уровне АТД. Соответственно исследователь за счет этих данных получает возможность игнорировать АТД и самостоятельно преобразовывать первичные данные. Развитие данного направления во многом стало возможно за счет увеличения доступности инструментов геокодирования, позволяющих перевести огромное количество адресов юридических лиц в географические координаты. Также данные о размещении экономических акторов предоставля-

ются картографическими справочниками, причем компания 2ГИС в конце 2022 г. представила свой продукт “2ГИС Про”, являющийся инструментом для анализа и визуализации данных на карте [28], который можно использовать в городских исследованиях.

В контексте агломерации Санкт-Петербурга возможны исследования пространственной структуры на основе базы данных “СПАРК-Интерфакс”, к которой получают доступ все большее количество университетов России [5] и, следовательно, исследователей. Данная система позволяет получать информацию о показателях бухгалтерской отчетности, в том числе о выручке, через которую косвенно оценивался валовой внутренний продукт (ВВП) муниципальных образований [25, 27] и, соответственно, также можно оценить произвольные территории города. Это позволяет получить представление о пространственном распределении экономической активности в городе. Также на основе данных реестров юридических лиц, возможно, исследовать дачную субурбанизацию, которую исследуют преимущественно по муниципальным образованиям на основе сельскохозяйственных переписей [9, 13]. Из реестров юридических лиц, возможно, сформировать пространственные данные по некоммерческим товариществам (основной форме существования дачников) и получить картину их распространения в пригородах.

Достоинств у методик, опирающихся на базу данных СПАРК-Интерфакс, несколько.

Во-первых, исследователи получают возможность оценить экономическую активность той или иной территории без привязки к АТД.

Во-вторых, временной ряд базы данных СПАРК-Интерфакс существенно длиннее, чем у большинства данных из базы данных показателей муниципальных образований: 1999 год против 2009–2011 гг.

В-третьих, данные реестров юридических лиц включают строки из бухгалтерской отчетности, из которых можно самостоятельно вычислить макроэкономические показатели для анализа (например, [25, 27]).

Однако имеется ряд *недостатков* в данных реестров по юридическим лицам. Во-первых, база данных СПАРК-Интерфакс использует постоянно обновляемую базу данных единого государственного реестра юридических лиц (ЕГРЮЛ), из-за чего адреса организаций в выборках являются актуальным на сегодняшний день. Поэтому, например, в выборке данных за 2000 г. адрес у ПАО “Газпром” уже будет “г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Лахта-Ольгино, пр-т Лахтинский, д. 2, к. 3, стр. 1” или Лахта-Центр, что не соответствует действительности. Это существенно ограничивает пространственно-временные исследования на основе данных реестра юридических лиц. Во-вторых, в выгрузках указывается адрес только главного подразделения, без адресов филиалов, из-за чего нельзя получить полную картину распределения экономической активности на территории. Последний недостаток, в целом, можно решить за счет интеграции с данными справочников, такими как 2ГИС для наших дней или “Желтые страницы” для более ранних периодов.

Данные сотовых операторов активно используются в исследованиях пространственной структуры городов, их суточных ритмов, позволяя рассматривать перемещения и размещение населения [1]. В России исследования на основе сотовых данных проводятся, прежде всего, в Москве [2]. К сожалению, подобное исследование для других городов России не может быть реализовано по причине отсутствия доступа к данным мобильных операторов. В контексте Санкт-Петербурга данное направление является пока лишь перспективным и декларированным, т.к. только недавно была получена данная система [4], а крупные исследования отсутствуют.

Данные сотовых операторов позволяют оценить ночное и дневное население с последующей делимитацией городской агломерации [15], оценивать реальное население в агломерации [16], изучать особенности дачного населения [14] и т.д. Важнейшим

преимуществом данных сотовых операторов является возможность рассмотрения не просто годовой, но и сезонной, месячной и суточной динамики, выделить ночное и дневное население территории. *Недостатком* же является вопрос доступности данных, из-за которого повторять исследования на основе данных операторов другими исследователями и в других городах пока невозможно.

Данные о дорожной сети. Транспортная инфраструктура является важнейшим элементом любой городской агломерации. Е.Н. Перцик сформулировал следующее определение понятия “городская агломерация”: “Система территориально сближенных и экономически взаимосвязанных населенных мест, объединенных устойчивыми трудовыми, культурно-бытовыми и производственными связями, общей социальной и технической инфраструктурой, а также интенсивными маятниковыми передвижениями” [19]. Очевидно, что даже в самом определении этого понятия заложена определяющая роль транспортной инфраструктуры: именно с ее помощью осуществляются все виды связей, а также маятниковые передвижения населения.

Транспортная инфраструктура городской агломерации выполняет три основные функции [8]:

1. Обеспечение внутригородских связей. Эту роль выполняет улично-дорожная сеть городов, входящих в агломерацию.
2. Обеспечение агломерационных связей. Эту роль выполняют автодороги, связывающие между собой населенные пункты, входящие в состав городской агломерации.
3. Обеспечение внешних связей. Эту роль выполняют автодороги, связывающие транспортную инфраструктуру агломерации с внешним миром.

Связующие функции выполняют автодороги различных классов. Классификация улично-дорожной сети города регламентируется СНиП 2.07.01-89 [26]. В рамках данного документа выделяются различные классы автомобильных дорог, среди которых: скоростные дороги, магистрали непрерывного движения, магистрали городского значения регулируемого движения I и II классов, магистрали районного значения.

Пространственный анализ данных о дорожной сети, в совокупности с использованием прочих видов данных, позволяет сделать выводы об уровне развития отдельных территорий городской агломерации, а также степени связности их между собой и с ядром агломерации. Кроме того, возможен анализ внешних связей, выявление контактных зон на пересечении границ городской агломерации и основных внешних магистралей, которые обладают особой значимостью и часто являются промышленными и логистическими центрами.

Особую роль играют *данные о перспективном развитии дорожной сети*, которые позволяют получить информацию о направлениях пространственного развития городской агломерации. Источников таких данных могут являться документы территориального планирования, среди которых можно выделить: схемы территориального планирования (региональные и муниципальные), генеральные планы, прочие документы (например “Концепция совместного градостроительного развития Санкт-Петербурга и территорий Ленинградской области”, “Концепция развития транспортной системы Санкт-Петербурга”). В таких документах содержится информация о важнейших проектах в области транспортной инфраструктуры.

Однако строительство и реконструкция транспортной инфраструктуры зачастую является сложным и дорогостоящим мероприятием, в связи с чем далеко не всегда даже самые важные проекты удастся быстро воплотить в жизнь. Поэтому особую роль играют документы, содержащие информацию о первоочередных проектах в области транспортной инфраструктуры, реализация которых намечена на ближайшее время. Источниками данных могут служить региональные инвестиционные программы в области транспорта, материалы национального проекта “Безопасные качественные дороги”, утвержденные проекты планировки территории (для линейных объектов).

Использование данных о перспективном развитии дорожной сети позволяет определить направления пространственного развития агломерации, предсказать возможную трансформацию роли отдельных территорий агломерации и динамику связей между ними.

Важным *плюсом* использования данных о дорожной сети является их универсальность, доступность, простота обработки и интерпретации. Важно помнить, что наибольших результатов можно достичь при использовании данных о дорожной сети в комплексе с прочими видами данных.

Обозначенные группы методов являются крайне актуальными при исследовании Санкт-Петербургской агломерации (табл. 2) как по одиночке, так и в комплексе. Проведенная их полная или частичная апробация показывает возможность их применения, а балльная оценка применимости и полезности рассмотренных методов для Санкт-Петербургской городской агломерации дала возможность понять применимость именно здесь (см. табл. 1).

Тренд на использование новых данных и, соответственно, подходов и методов к исследованию городов очевиден. Современный уровень развития информационных технологий позволяет взглянуть на пространственную структуру агломераций по-новому. Арсенал этих новейших методов и источников данных, в целом, достаточно широк, но в контексте Санкт-Петербургской агломерации применима часть данных методов. Связано это в целом с доступностью данных на современном развитии в стране и городе, в частности цифровизации, от которой зависит спектр доступных данных.

Несомненным преимуществом рассмотренных подходов и методов является возможность рассмотрения пространственной структуры города без привязки к АТД, т.к. оно перекрывает собой или не полностью вмещает в себя те или иные пространственные явления в городе.

Также важно понимать, что на рассмотренные методы и подходы имеется спрос в практике городского планирования и управления.

Данные не о размещении населения, объектов ритейла, рекреации и др. не по АТД активно используются предпринимателями при принятии решения о размещении бизнеса [28].

Однако использование описанных авторами методов обладает рядом недостатков. В первую очередь это касается информативности и полноты данных. Например, данные о жилом фонде многоквартирных домов или выручке юридических лиц все-таки менее информативны для исследователя, чем просто данные о численности населения или фонде заработной платы, которые предоставляются Росстатом [29]. С другой стороны, на основе данных сотовых операторов можно получить куда более информативные данные о ночном и дневном населении территории, увидеть суточные пульсации в городском пространстве. Однако в большинстве своем данные не статистических служб уступают по своей информативности. В целом обозначенная проблема в перспективе может исчезнуть, т.к. обозначился тренд на предоставление обезличенных микроданных статистических служб [24]. Соответственно и данные статистических служб в целом будут использоваться исследователями аналогично новейшим подходам и методам.

Важнейшим недостатком обозначенных методов является то, что *они не совсем пригодны с управленческой точки зрения, т.к. решения местных властей принимаются прежде всего на уровне АТД*. Данная особенность в целом является проблемой в развитии городских агломераций, т.к. построение межмуниципального сотрудничества является отдельной трудностью [30]. Проблема межмуниципального сотрудничества активно рассматривается государством, о чем свидетельствует стратегия пространственного развития [25], проект федерального закона о городских агломерациях [21], появление горизонтальных межбюджетных трансфертов [22] и другие. Исходя из этого можно

Таблица 1. Балльная оценка рассмотренных методов, источников данных в целях исследования пространственной структуры Санкт-Петербургской агломерации**Table 1.** The scoring of the considered methods and data sources in order to research of the spatial structure of the Saint-Petersburg agglomeration

Исследовательская задача	Группа методов	Оценка (от 1 до 5)	
		полезности метода для данной задачи	реалистичности применения метода для данной агломерации
Обзор и критическое переосмысление методов изучения пространственной структуры Санкт-Петербургской агломерации, развивающейся в турбулентный период между 2014 и 2022 гг.	Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ)	5	5
	Данные о зданиях (в том числе жилом фонде)	3	4
	Данные о местоположении экономических акторов (юридические лица и розничные сети)	3	3
	Данные сотовых операторов	5	2
	Данные о дорожной сети	4	5
Выявлены преимущества и недостатки каждой группы методов	Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ)	4	4
	Данные о зданиях (в том числе жилом фонде)	4	4
	Данные о местоположении экономических акторов (юридические лица и розничные сети)	4	3
	Данные сотовых операторов	4	1
	Данные о дорожной сети	5	5
Благодаря глубокому библиографическому анализу выявлены ограничения и возможности эмпирического наполнения (наличие конкретных источников данных)	Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ)	4	5
	Данные о зданиях (в том числе жилом фонде)	4	4
	Данные о местоположении экономических акторов (юридические лица и розничные сети)	4	2
	Данные сотовых операторов	3	2
	Данные о дорожной сети	5	5
Итоговая балльная оценка применимости и полезности рассмотренных методов для Санкт-Петербургской городской агломерации	Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ)	13	14
	Данные о зданиях (в том числе жилом фонде)	11	12
	Данные о местоположении экономических акторов (юридические лица и розничные сети)	11	8
	Данные сотовых операторов	12	5
	Данные о дорожной сети	14	15

считать, что в ближайшем будущем ориентированность на АТД при принятии решений на муниципальном уровне снизится и рассмотренные современные подходы и методы будут все более актуальны и при управленческих решениях.

Еще одним недостатком можно считать *известную трудность визуализации и количественных расчетов*. В большинстве своем новые данные, используемые современными исследователями городского пространства, представляют собой совокупность то-

Таблица 2. Особенности Санкт-Петербургской агломерации, определяющие применимость рассмотренных методов**Table 2.** The Saint-Petersburg agglomeration features that determine the applicability of considered methods

Особенность агломерации	Применимый метод	Обоснование использования метода
Доминирование в жилом фонде многоквартирных домов	Данные о зданиях (в том числе о жилом фонде)	Разница между данными Росстата и данными с сайт реформы ЖКХ об объеме жилого фонда незначительна
Доминирование в жилищном строительстве многоквартирных домов	Данные о зданиях (в том числе о жилом фонде)	По данным Росстата, на жилые дома, построенные населением за счет собственных и привлеченных средств, приходится в среднем менее 10% от общего ввода жилья в Санкт-Петербурге
Фактическое отсутствие реновации	Данные о зданиях (в том числе о жилом фонде)	Из-за отсутствия реновации, данные о жилом фонде пригодны для исследования динамики жилого фонда, т.к. не происходит последние полвека (массовая) смена одного жилого здания на другое
Развитость сервисов онлайн справочников, в том числе архивных	Данные о местоположении экономических акторов (юридические лица и розничные сети)	Имеется возможность извлечения текущих (с помощью сервиса 2ГИС) и архивных (онлайн версии “Желтых страниц”) данных о ритейле
Наличие крупных центров деловой активности регионального и странового масштаба	Данные о местоположении экономических акторов (юридические лица и розничные сети)	За счет сервисов, агрегирующих данные о юридических лицах (например, база данных “СПАРК-Интерфакс”), можно получить пространственные данные о размещении деловой активности
Вхождение в зону покрытия большинства космических съемок	Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ)	Возможность использования общедоступных ДДЗЗ
Наличие доступа к геоаналитическим данным сотовых операторов у властей Санкт-Петербурга	Данные сотовых операторов	Теоретическая возможность получения данных в исследовательских целях (по аналогии с опытом Московских исследователей)

точных локализованных объектов: предприятия, жилые дома, абоненты сотовой связи и др. Их отображение на картах привычными методами картограмм или картодиаграмм является не совсем уместным, т.к. важнейшей задачей является избегание АТД в целом. Но возможно при коррекции территориальных единиц *на основе дазиметрического метода* [38]. К *методам отображения точечных явлений и объектов*, в целом, можно отнести: 1) так называемые *теплокарты*, где кластеризация точек происходит в группах, а агрегация происходит по территориальным единицам (например, АТД или городские кварталы); 2) искусственные регулярные сетки различной формы (квадраты, гексагоны и другие); 3) производные геометрии и их площади (полигоны Вороного или Триангуляции Делоне); 4) атрибуция точек через матрицу расстояний; 5) трехмерная визуализация (производные от карт-агрегаций и теплокарт) [6]. Однако несмотря на то, что описанные способы визуализации в целом могут сразу быть восприняты, количественные характеристики явлений проще анализировать по АТД.

В целом обозначенные недостатки не стоит считать критическими и причиной для отказа от использования рассмотренных методов исследования городских агломераций. Тем более что намечается тренд на минимизацию данных недостатков. В то же время преимущества являются значимым доводом к использованию новых методов.

ВЫВОДЫ

В современных исследованиях городских агломераций все активнее используются новые методы и источники данных в исследовании, имеющие ряд преимуществ и определенные недостатки. Их актуализация в контексте исследования Санкт-Петербургской агломерации крайне необходима, для получения все более комплексных и информативных данных о городском пространстве. Предложенная актуализация современных подходов и методов по критерию используемых данных и апробация части из них на примере Санкт-Петербургской агломерации существенно расширяет арсенал применимых инструментов для исследования городских агломераций авторами и другими исследователями, из-за возможности масштабирования и повторения другими исследователями на примере других агломераций.

На основе балльной оценки рассмотренных методов, источников данных в целях исследования пространственной структуры Санкт-Петербургской агломерации было выявлено, что данные о дорожной сети получили максимально возможный балл (14) в рамках полезности метода и максимальный балл (15) в рамках реалистичности применения метода для данной агломерации. Высокую полезность и реалистичность имеют: данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ); данные о зданиях (в том числе жилым фондом).

В апробированных методах обозначены основные преимущества, связанные, прежде всего: с возможностью *избежать часто меняемое и далекое от реальных задач АТД*, а также, в некоторых случаях, *возможность анализа длительного временного ряда* (например, данные дистанционного зондирования, отчасти данные реформы ЖКХ) или *получение производных данных* (например, ВВП по данным выручки юридических лиц). Однако имеются и недостатки, такие как: *преимущественное использование АТД и данных по нему при управленческих решениях на местном уровне; сложность визуализации и количественных оценок и, конечно же, пониженная информативность большинства данных* в сравнении с имеющимися данными у статистических служб. Однако влияние этих недостатков постепенно снижается в условиях развития информационных технологий, повышения качества государственного управления, повышения открытости и разнообразия данных. Исходя из этого можно считать, что применение новейших методов в исследовании городских агломераций крайне необходимо.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование проведено в рамках реализации научного проекта № 23-27-00084 “Пространственная и функциональная структура крупнейших городских агломераций России, в условиях возросших геоэкономических рисков: новые подходы, инструментарий и рекомендации по совершенствованию”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин Р.А. Опыт использования данных операторов сотовой связи в зарубежных экономико-географических исследованиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2021. Т. 66. № 3. С. 416–439.
2. Бабкин Р.А. Динамика расселения Московского региона по данным сотовых операторов. Дисс. на соиск. Уч. ст. к-та географ. наук, М.: МГУ. 2020. URL: <https://istina.msu.ru/dissertations/333129487/>.
3. Барышкин П.А., Алексеенко Н.А. Изучение структуры жилищного фонда шахтерских моногородов с помощью картографического метода (на примере городов Кимовск и Кировск) / ББК 26.1 Н34. 2022. С. 3.
4. Власти Петербурга соберут данные сим-карт жителей и гостей города [Электронный ресурс] URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/05/10/2021/615c1d8d9a79475c9ac44ce4 (дата обращения 18.07.2022).

5. Интерфакс ЛАБ расширяет академическое взаимодействие с университетами [Электронный ресурс] — URL: <https://spark-interfax.ru/articles/interfax-lab-rashiryaet-sotrudnichestvo-s-universitetami/> (дата обращения 20.05.2022).
6. Казаков Э. Десять подходов к визуализации плотности точечных данных в QGIS 3 [Электронный ресурс] — URL: http://spbgeotex.ru/6_urban (дата обращения 18.12.2022).
7. Как менялись новостройки Петербурга: от 40-х годов до наших дней [Электронный ресурс] — URL: <https://www.fontanka.ru/2018/05/18/066/> (дата обращения 20.05.2022).
8. Кельбах В.С. Транспортная инфраструктура как элемент городской агломерации // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2013. Вып. 2. С. 135–144.
9. Краснов А.И., Логвинов И.А. Летнее население Псковской области: качественная и количественная оценка // Псковский регионологический журнал. 2022. Т. 18. № 1. С. 117–129.
10. Кукина И.В. и др. Особенности трансформации среды современного города (на примере Красноярска) // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2021. № 43. С. 55–74.
11. Куричев Н.К., Куричева Е.К. Пространственная структура жилищного строительства в Московской агломерации: радиально-секторальная дифференциация // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. Т. 65. № 1. С. 74–95.
12. Куричева Е.К. Жилищное строительство в Московской агломерации: пространственные последствия // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017. № 3. С. 87–90.
13. Махрова А.Г. Сезонное дачное расселение как индикатор контрастов пространственного развития // Региональные исследования. 2020. № 3. С. 40–55.
14. Махрова А.Г., Бабкин Р.А., Кириллов П.Л. Трансформация дачного жилья: от сезонного к постоянному (на примере Московского региона) // Проблемы современной урбанизации: преемственность и новации. 2022. С. 112–125.
15. Махрова А.Г., Бабкин Р.А. Методические подходы к делимитации границ Московской агломерации на основе данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2019. № 2. С. 48–57.
16. Махрова А.Г., Бабкин Р.А. Города Московского столичного региона: официальные и реальные // Региональные исследования. 2022. № 1. С. 4–16.
17. Лаппо Г.М. География городов: учеб. пособие для географических факультетов вузов // М.: Гуманит. изд. центр “ВЛАДОС”, 1997. 479 с.
18. Лачининский С.С., Сорокин И.С. Пространственная структура и особенности развития поселений Санкт-Петербургской агломерации // Балтийский регион. 2021. Т. 13. № 1. С. 48–69.
19. Перцик Е.Н. Крупные городские агломерации: развитие, проблемы проектирования // Проблемы развития агломераций России. М.: КРАСАНД, 2009. С. 34–46.
20. Планирование разрастания. Пространственная политика городов России / А.В. Головин и др. Нац. исслед. ун-т “Высшая школа экономики”. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 248 с.
21. Проект Федерального закона “О городских агломерациях” (подготовлен Минэкономразвития России, текст по состоянию на 04.09.2020) [Электронный ресурс] URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PRJ&n=199079#ZgZo7RT-WOz7suerC2>.
22. Путин Владимир подписал закон, меняющий порядок предоставления межбюджетных трансфертов [Электронный ресурс] URL: <https://tass.ru/ekonomika/6729513> (дата обращения 18.07.2022).
23. Реформа ЖКХ, открытые данные [Электронный ресурс] — URL: <https://www.reformagkh.ru/opendata> (дата обращения 18.07.2022).
24. Росстат откроет доступ к микроданным постсоветских переписей населения России в 2022 году [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/12876949> (дата обращения 18.07.2022).
25. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р. [Электронный ресурс] URL: www.economy.gov.ru.
26. Строительные нормы и правила СНиП 2.07.01-89* “Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений” (утв. постановлением Госстроя СССР от 16 мая 1989 г. № 78).
27. Чистяков П.А. и др. Центры экономического роста Российской Федерации на муниципальном уровне // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2020. № 4. С. 58–68.
28. 2ГИС про: визуализируем массивы данных [Электронный ресурс] URL: <https://vc.ru/services/557545-2gis-pro-vizualiziruem-massivy-dannyh> (дата обращения 26.12.2022).
29. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: www.gks.ru (дата обращения 18.07.2022).
30. Шугрина Е.С. Модели управления российскими агломерациями // Государственная власть и местное самоуправление. 2018. № 2. С. 39–43.

31. Atlas of the Human Planet 2020, Open geoinformation for research, policy, and action, Luxembourg: European Commission, 2020. 139 p.
32. Carra G., Barthelemy M. A fundamental diagram of urbanization // Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science. 2019. T. 46. № 4. P. 690–706.
33. Conzen M.R.G. Thinking about Urban Form: Essays on Urban Morphology / M.R.G. Conzen. Oxford, 2002.
34. Hegyi F.B. et al. Measuring the impact of urban innovation districts // Publications Office of the European Union. 2021.
35. Li J. et al. Spatiotemporal pattern of urbanization in Shanghai, China between 1989 and 2005 // Landscape ecology. 2013. T. 28. № 8. P. 1545–1565.
36. Li X. et al. Twenty years of post-Soviet Union urban land use change of St. Petersburg // Applied Spatial Analysis and Policy. 2020. T. 13. № 4. C. 1019–1033.
37. Perez J., Fusco G., Moriconi-Ebrard F. Identification and quantification of urban space in India: Defining urban macro-structures // Urban Studies. 2019. T. 56. № 10. C. 1988–2004.
38. Petrov A. One hundred years of dasymetric mapping: back to the origin // The Cartographic Journal. 2012. T. 49. № 3. C. 256–264.
39. Pirowski T., Bartos K. Detailed mapping of the distribution of a city population based on information from the national database on buildings // Geodetski vestnik. 2018. T. 62. № 3.
40. Roni R. High resolution population modeling for urban areas: дис. University of Twente, 2018.
41. Schiavina M. et al. GHSL Data Package 2022, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
42. Science Direct: Modifiable Areal Unit Problem [Электронный ресурс] URL: www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/modifiable-areal-unit-problem (дата обращения 20.05.2022).
43. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities UN Habitat [Электронный ресурс]. URL: <https://unhabitat.org/wcr/> (дата обращения 18.12.2022).
44. Zhou D. et al. Dynamic and drivers of spatial change in rapid urban renewal within Beijing inner city // Habitat International. 2021. T. 111. C. 102349.

The Possibility of Using Modern Methods and Data to Study the Spatial Structure of the St.-Petersburg Agglomeration

S. S. Lachininskii^{1, *}, I. A. Logvinov^{2, **}, and I. S. Sorokin^{3, ***}

¹St.-Petersburg State University, Institute of Regional Economy Problems, Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg, Russia

²Institute of Territorial Planning “Urbanika”, St.-Petersburg State University, St.-Petersburg, Russia

³Institute of Regional Economy Problems of RAS, St.-Petersburg State University, St.-Petersburg, Russia

*E-mail: lachininsky@gmail.com

**E-mail: ilia.logvinov@yandex.ru

***E-mail: IvannSPb@yandex.ru

Abstract—The article is devoted to the review and substantiation of modern research methods and data sources on the dynamics of spatial structure of the largest Russian urban agglomerations. The object of the study is modern methods and data sources, and the subject is the possibilities of their use. On the example of the second agglomeration in Russia — St.-Petersburg urban agglomeration — it is shown that interdisciplinary synthesis within the framework of socio-economic geography, regional economics, urban studies, geoinformatics and cartography, land management, using a variety of data sources (data of cellular operators, tax statistics, housing construction, satellite data, retail chains, road network), as well as the use of modern GIS-complexes, allow us to assess this structure, its changes, as well as to analyze the spatial structure of the largest Russian urban agglomerations. The main objective of this study is to review and critically rethink the methods of studying the spatial structure of one of Russia’s largest urban agglomerations (St.-Petersburg) developing in the turbulent period between 2014 and 2022. An inventory of different methods and data sources was made, using the method of reasoning. Further, the advantages and disadvantages of each group of methods were identified. Through an in-depth bibliographic analysis, the limitations and possibilities of empirical content (availability of specific data sources) were identified. Based on the critical analysis of advantages and disadvantages, a final point estimate of applicability and usefulness of the considered methods for the St. Petersburg urban agglomeration was made.

eration is obtained. The author's contribution lies in the adaptation of modern groups of methods for the study of the spatial structure of cities for the study of the considered agglomeration, taking into account the local specificity and assessment of applicability and usefulness of the considered methods for St. Petersburg urban agglomeration. It is assumed that the development of a modern methodology for studying the spatial structure of the St. Petersburg urban agglomeration based on the symbiosis of modern methods and data sources will make a certain contribution to the study of the largest Russian agglomerations.

Keywords: St. Petersburg urban agglomeration, spatial structure, dynamics, methodology, data sources, possibilities of use

REFERENCES

1. *Babkin R.A.* Experience of using data of cellular operators in foreign economic and geographical studies // *Vestnik of St. Petersburg University. Earth Sciences.* 2021. T. 66. № 3. C. 416–439.
2. *Babkin R.A.* Dynamics of the Moscow region settlement according to the data of cellular operators. Diss. Uch. st. k-ta geograf. nauk, Moscow: MSU. 2020. URL: <http://istina.msu.ru/dissertations/333129487/>.
3. *Baryshkin P.A., Alekseenko N.A.* Studying the structure of the housing stock of the miners' monotowns with the help of cartographic method (by the example of Kimovsk and Kirovsk) / *BBK* 26.1 N34. 2022. C. 3.
4. St. Petersburg authorities will collect the data of SIM cards of residents and guests of the city [Electronic resource] URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/05/10/2021/615c1d8d9a79475c9ac44ce4 (date of address 18.07.2022).
5. Interfax LAB expands academic interaction with universities [Electronic resource] URL: <https://spark-interfax.ru/articles/interfax-lab-rashiryaet-sotrudnichestvo-s-universitetami/> (date of address 20.05.2022).
6. *Kazakov E.* Ten approaches to visualization of point data density in QGIS 3 [Electronic resource]. URL: http://spbgeotex.ru/6_urban (accessed 18.12.2022).
7. How new buildings of St. Petersburg changed: from the 40s to the present day [Electronic resource] URL: <https://www.fontanka.ru/2018/05/18/066/> (date of address 20.05.2022).
8. *Kelbakh V.S.* Transport infrastructure as an element of urban agglomeration // *Vestnik SPbSU.* Ser. 7. 2013. Vyp. 2. C. 135–144.
9. *Krasnov A.I., Logvinov I.A.* Summer population of the Pskov Oblast: qualitative and quantitative assessment // *Pskov Regionology Journal.* 2022. T. 18. № 1. C. 117–129.
10. *Kukina I.V. et al.* Features of transformation of the environment of the modern city (on the example of Krasnoyarsk) // *Bulletin of Tomsk State University. Cultural studies and art history.* 2021. № 43. C. 55–74.
11. *Kurichev N.K., Kuricheva E.K.* Spatial structure of housing construction in the Moscow agglomeration: radial-sectoral differentiation // *Vestnik of St. Petersburg University. Earth Sciences.* 2020. T. 65. № 1. C. 74–95.
12. *Kuricheva E.K.* Housing construction in Moscow agglomeration: spatial implications // *Vestnik of Moscow University. Series 5. Geography.* 2017. № 3. C. 87–90.
13. *Makhrova A.G.* Seasonal dacha settlement as an indicator of contrasts in spatial development // *Regional Studies.* 2020. № 3. C. 40–55.
14. *Makhrova A.G., Babkin R.A., Kirillov P.L.* Transformation of dacha housing: from seasonal to permanent (on the example of the Moscow region) // *Problems of modern urbanization: continuity and innovation.* 2022. C. 112–125.
15. *Makhrova A.G., Babkin R.A.* Methodological approaches to delimit the boundaries of the Moscow agglomeration based on the data of cellular operators // *Regional Studies.* 2019. № 2. C. 48–57.
16. *Makhrova A.G., Babkin R.A.* Cities of the Moscow Metropolitan Region: official and real // *Regional Studies.* 2022. № 1. C. 4–16.
17. *Lappo G.M.* Geography of cities: textbook for geographical faculties of universities // Moscow: Humanit. izd. center "VLADOS", 1997. 479 c.
18. *Lachninskii S.S., Sorokin I.C.* Spatial structure and features of development of settlements of St. Petersburg agglomeration // *Baltic region.* 2021. T. 13. № 1. C. 48–69.
19. *Pertsik E.N.* Large urban agglomerations: development, design problems // *Problems of agglomerations development in Russia.* M.: KRASAND, 2009. C. 34–46.
20. *Sprawl planning. Spatial policy of Russian cities* / A.V. Golovin et al. National Research University "Higher School of Economics". Moscow: Izd. dom Higher School of Economics, 2021. 248 c.
21. Draft Federal Law "On Urban Agglomerations" (prepared by the Ministry of Economic Development of Russia, text as of 04.09.2020). [Electronic resource] URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PRJ&n=199079#ZgZo7RTWOz7suerC2>.

22. Putin Vladimir signed the law changing the order of interbudget transfers [Electronic resource] URL: tass.ru/ekonomika/6729513 (date of circulation 18.07.2022).
23. Reform of the housing and utilities sector, open data [Electronic resource] URL: <https://www.reformagkh.ru/opendata> (date of address 18.07.2022).
24. Rosstat will open access to microdata of post-Soviet censuses of the population of Russia in 2022 [Electronic resource]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/12876949> (date of address 18.07.2022).
25. Strategy of spatial development of the Russian Federation for the period up to 2025. Approved by the Order of the Government of the Russian Federation from February 13, 2019 № 207-r. [Electronic resource] URL: www.economy.gov.ru.
26. Construction norms and rules SNIIP 2.07.01-89* "Urban Planning. Planning and building of urban and rural settlements" (approved by the decree of the USSR Gosstroy from May 16, 1989 № 78).
27. *Chistyakov P.A. et al.* Centers of economic growth of the Russian Federation at the municipal level // Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography. 2020. № 4. С. 58–68.
28. 2GIS pro: visualizing data arrays [Electronic resource] URL: <https://vc.ru/services/557545-2gis-pro-vizualiziruem-massivy-dannyh> (date of address 26.12.2022).
29. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: www.gks.ru (date of address 18.07.2022).
30. *Shugrina E.S.* Models of management of Russian agglomerations // State power and local self-government. 2018. № 2. С. 39–43.
31. Atlas of the Human Planet 2020, Open geoinformation for research, policy, and action, Luxembourg: European Commission, 2020. 139 p.
32. *Carra G., Barthelemy M.* A fundamental diagram of urbanization // Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science. 2019. Т. 46. № 4. Р. 690–706.
33. *Conzen M.R.G.* Thinking about Urban Form: Essays on Urban Morphology / M. R. G. Conzen. Oxford, 2002.
34. *Hegyi F.B. et al.* Measuring the impact of urban innovation districts // Publications Office of the European Union. 2021.
35. *Li J. et al.* Spatiotemporal pattern of urbanization in Shanghai, China between 1989 and 2005 // Landscape ecology. 2013. Т. 28. № 8. Р. 1545–1565.
36. *Li X. et al.* Twenty years of post-Soviet Union urban land use change of St. Petersburg // Applied Spatial Analysis and Policy. 2020. Т. 13. № 4. С. 1019–1033.
37. *Perez J., Fusco G., Moriconi-Ebrard F.* Identification and quantification of urban space in India: Defining urban macro-structures // Urban Studies. 2019. Т. 56. № 10. С. 1988–2004.
38. *Petrov A.* One hundred years of dasymetric mapping: back to the origin // The Cartographic Journal. 2012. Т. 49. № 3. С. 256–264.
39. *Pirowski T., Bartos K.* Detailed mapping of the distribution of a city population based on information from the national database on buildings // Geodetski vestnik. 2018. Т. 62. № 3.
40. *Roni R.* High resolution population modeling for urban areas: дис. University of Twente, 2018.
41. *Schiavina M. et al.* GHSL Data Package 2022, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
42. Science Direct: Modifiable Areal Unit Problem [Электронный ресурс] – URL: www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/modifiable-areal-unit-problem (дата обращения 20.05.2022).
43. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities UN Habitat [Электронный ресурс]. URL: <https://unhabitat.org/wcr/> (дата обращения 18.12.2022).
44. *Zhou D. et al.* Dynamic and drivers of spatial change in rapid urban renewal within Beijing inner city // Habitat International. 2021. Т. 111. С. 102349.