УДК: 911.3:33 **DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-111-125**

Р.О. Бобровский[1], Р.А. Бабкин[2], А.Н. Березняцкий[3]

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ О ПУЛЬСАЦИЯХ НАСЕЛЕНИЯ ЦАО МОСКВЫ В ТЕЧЕНИЕ 2019–2020 гг. В КОНТЕКСТЕ ИЗУЧЕНИЯ УЯЗВИМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ К ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

АННОТАЦИЯ

Высокая концентрация жителей крупных городов в определенных локалитетах требует переосмысления существующих методов оценки уязвимости населения к различным видам угроз и к способам их картографического отображения. Москва, являясь мегаполисом и центром крупнейшей европейской агломерации, формирует зону повышенного уровня природно-техногенного риска для граждан, прежде всего, в силу пространственной концентрации и мобильности населения. Особенно высоки риски для центральной части Москвы (в рассматриваемой работе в границах Центрального административного округа – ЦАО). Высокая деловая и культурно-развлекательная аттрактивность этой части столицы способствует наивысшим градиентам пульсаций людности в рамках суточного и будне-выходного циклов. Качественному отображению этих изменений посвящено настоящее исследование. Для получения наиболее детальной пространственно-временной информации применялись агрегированные за январь 2019 – январь 2020 гг. данные операторов сотовой связи о локализации абонентов. В работе апробируется подход отображения изменений плотностных характеристик людности территории районов ЦАО при помощи наложения информации на палетку 500 на 500 метров, консолидированных за дробные (30 минут) временные промежутки данных (медианная численность населения для всех дней года, отдельно для будних, выходных, а также праздничных дней). Было показано, что для центральной части столицы градиенты суточных пульсаций в будние дни достигают 220–320 %, а в выходные – 120–160 %. При этом, в отличие от спальных районов города, сезонные флуктуации выражены здесь гораздо слабее. Концентрация различных культурно-развлекательных активностей в таких районах, как Тверской, Арбат и Якиманка, приводит к выраженным праздничным изменениям людности, которые примерно на 50 % сильнее стандартных для выходных дней пульсаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: данные сотовых операторов, Москва, уязвимость населения к чрезвычайным ситуациям, пульсации населения, «большие данные», Центральный административный округ (ЦАО)

---

[1] ФГБОУ ВО РЭУ им. Г.В. Плеханова, лаборатория Региональной политики и региональных инвестиционных процессов, Стремянный пер., 36, 117997, Москва, Россия; *e-mail:* **rbobrovskiy@yandex.ru**

[2] ФГБОУ ВО РЭУ им. Г.В. Плеханова, лаборатория Региональной политики и региональных инвестиционных процессов, Стремянный пер., 36, 117997, Москва, Россия; *e-mail:* **babkin_ra@mail.ru**

[3] ФГБОУ ВО РЭУ им. Г.В. Плеханова, лаборатория Региональной политики и региональных инвестиционных процессов, Стремянный пер., 36, 117997, Москва, Россия; *e-mail:* **artandtech@yandex.ru**

Roman O. Bobrovskiy[1], **Roman A. Babkin**[2], **Alexander N. Bereznyatskiy**[3]

SPATIAL REPRESENTATION OF MOBILE OPERATORS' DATA ON PULSATIONS OF THE CENTRAL ADMINISTRATIVE DISTRICT OF MOSCOW POPULATION DURING 2019–2020 IN THE CONTEXT OF STUDYING THE VULNERABILITY OF THE POPULATION TO EMERGENCIES

ABSTRACT

The high concentration of residents of large cities in certain localities requires a rethinking of existing methods for assessing the vulnerability of the population to various types of threats and to ways of mapping them. Moscow, being a megalopolis and the center of the largest European agglomeration, forms a zone of an increased level of natural and man-made risk for citizens, primarily due to spatial concentration and mobility of the population. The risks are especially high for the central part of Moscow (in the work considered within the boundaries of the Central Administrative District – CAO). The high business and cultural and entertainment attractiveness of this part of the capital contributes to the highest gradients of pulsations of crowding within the daily and weekday-weekend cycles. The present study is devoted to the qualitative display of these changes. To obtain the most detailed spatio-temporal information, the data of mobile operators on the localization of subscribers aggregated for January 2019 – January 2020 were used. The paper tests the approach of displaying changes in the density characteristics of the population of the territory of the CAO districts by superimposing information on a pallet of 500 by 500 meters consolidated for fractional (30 minutes) time intervals of data (median population for all days of the year, separately for weekdays, weekends, and holidays). It was shown that for the central part of the capital, the gradients of daily pulsations on weekdays reach 220–320 %, and on weekends – 120–160 %. At the same time, in contrast to the sleeping areas of the city, seasonal fluctuations are much weaker here. The concentration of various cultural and entertainment activities in such areas as Tverskoy, Arbat and Yakimanka leads to pronounced festive changes in crowding, which are about 50 % stronger than the standard weekend pulsations.

KEYWORDS: mobile phone Data, Moscow, vulnerability of the population to emergencies, population pulsations, "big data", Central Administrative Okrug (CAO)

ВВЕДЕНИЕ

Центральные части крупнейших городов – это зоны повышенного риска для самых разных угроз. Концентрируя большое число людей в одно время, они априори являются зонами повышенной опасности. Имеющиеся риски чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера, а также вероятные масштабы их последствий (количество жертв,

[1] Plekhanov Russian University of Economics, Laboratory of Regional Policy and Regional Investment Processes, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia; *e-mail:* **rbobrovskiy@yandex.ru**
[2] Plekhanov Russian University of Economics, Laboratory of Regional Policy and Regional Investment Processes, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia; *e-mail:* **babkin_ra@mail.ru**
[3] Plekhanov Russian University of Economics, Laboratory of Regional Policy and Regional Investment Processes, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia; *e-mail:* **artandtech@yandex.ru**

ущерб, долгосрочные негативные последствия, влияющие на социально-экономическое развитие), требуют новых научных подходов и методов оценки рисков и уязвимости граждан. Использование традиционных (основанных на официальной статистике[1]) методов анализа данных не позволяет получить точную и репрезентативную картину пространственного распределения населения по территории города в разное время суток для различных дней недели и сезонов года.

В последние десятилетия широкое распространение получили исследования природных и техногенных рисков социально-экономического развития, из-за высокой степени их актуальности, и особенно из-за увеличения частоты возникновения природных и техногенных опасностей и масштабов человеческих жертв и материального ущерба [IPCC, 2014; UNDRR, 2019].

Особое внимание уделяется анализу и прогнозированию природных рисков для крупнейших городов мира и городских агломераций. Исследовательские работы по этой теме сосредоточены на вопросах роста городов как фактора повышения риска [*Гражданкин, Печеркин,* 2005] и уязвимости городских жителей к стихийным бедствиям [*Roncancio et al.,* 2016; *Osipov et al.,* 2017; *Orttung et al.,* 2020]. При этом в исследованиях на уровне городов социальные риски и риски для населения обычно гораздо более приоритетны, нежели экономические аспекты. За последние годы в России было написано значительное количество работ с использованием данных операторов мобильной связи о пульсационных процессах в системе расселения Московской области [*Богоров и др.,* 2013; *Махрова, Бабкин,* 2018; *и др.*], в том числе в контексте чрезвычайных ситуаций [*Бадина и др.,* 2021]. В целом, ГИС-анализ для моделирования различного рода природно-техногенных угроз широко применяется в зарубежной практике [*Aubrecht et al.,* 2013; *Nelson et al.,* 2015; *Frigerio and De Amicis*, 2016], а данные сотовых операторов стали, пожалуй, одним из наиболее популярных источников информации о мобильности граждан в мирный период и их поведении во время стихийных бедствий и эпидемий [*Бабкин,* 2021].

Визуализация пространственной динамики расселения в этом контексте – насущная задача для современной географии. Высокая дискретность и мозаичность данных сотовых операторов, на основе которых проводится данное исследование, обуславливает проблемы отображения пространственно-временной информации на карте. За последние годы в России было написано значительное количество работ с использованием данных операторов мобильной связи о пульсационных процессах в системе расселения Московской области [*Богоров и др.*, 2013; *Махрова, Бабкин,* 2018; *и др.*].

Поскольку данные сотовых операторов позволяют «снимать» информацию непосредственно с территории, то в настоящем исследовании предлагается подход к оценке уязвимости населения крупного города, основанный на определении наиболее вероятного количества людей в конкретный промежуток времени в определенном месте в относительно больших масштабах (ячейки размерами 500 на 500 м). В качестве основного источника информации используются данные мобильных операторов, позволяющие отслеживать перемещения населения и получать пространственное распределение населения в городе, которое лучше соответствует действительности, чем в случае использования «классических» источников данных.

[1] Имеется в виду статистика и расчеты, формируемые государственными статистическими органами, такие как переписи населения, периодические обзоры населения, прогнозы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ обширных массивов данных в условиях недостаточной информативности официальной статистики становится одним из важнейших методов экономико-географических исследований. В исследованиях пульсаций населения в пределах крупнейших городских агломераций, к которым относится наша работа, наиболее оправданным является метод анализа данных сотовых операторов, позволяющий сделать достоверные крупномасштабные выводы о перемещениях и размещении населения.

Статистической базой исследования стали данные «большой четверки» операторов сотовой связи (МТС, Билайн, Мегафон, Теле2) за январь 2019 – январь 2020 гг. (ровно 365 дней) с пространственным разрешением 500 на 500 м и временной дробностью в 30 мин. Построение картографических изображений и ГИС-анализ осуществлялся авторами в пакете MapInfo.

К настоящему времени возникло значительное множество различных инструментов работы с такого рода большими данными: это как простейшее программное обеспечение, позволяющее работать с табличными данными (в случае относительно небольшого объема информации), разнообразные облачные хранилища, позволяющие проводить вычисления (в случае значительного объема), многочисленные сервисы и BI-системы, создающие аналитику в режиме реального времени, так и различные среды программирования, такие как R, Matlab, Anaconda/Python, SQL и т.п.

Для полноценного анализа данных в рамках данной работы необходимо было решить следующие технические задачи по их обработке:

- суммирование численности абонентов ячеек прибытия с группировкой по совпадающим кодам ячеек;
- сортировка в хронологическом порядке;
- привязка ячеек к соответствующим территориям.

Анализ структуры данных и перечень задач по их обработке показал, что наиболее подходящей средой для работы с этим набором данных является язык структурированных запросов SQL, позволяющий взаимодействовать с реляционными базами данных, поскольку исходная база данных представляет собой набор многомерных таблиц. При этом достаточно использовать относительно простой код для алгоритмов.

Основным ограничением работы, безусловно, являются объем данных и, соответственно, скорость их обработки на персональном компьютере. Для подготовки этого исследования данные, имеющие значительный объем (терабайты информации и триллионы анализируемых строк), обрабатывались при помощи особо высокопроизводительных ПК в течение нескольких недель.

Имеющаяся литература, в частности, [*Fritchey,* 2018], показывает, что существует возможность снизить время обработки запроса на персональном компьютере. Основным узким местом при обработке запросов SQL на персональных компьютерах является относительно низкая пропускная способность носителей информации, а также, возможно, объем оперативной памяти, о чем также свидетельствует мониторинг ресурсов компьютера при выполнении алгоритма.

Для предотвращения этого узкого места в нашей работе предлагается несколько решений, в частности, разнесение файлов данных и журналов операций SQL сервера на различные носители, выполнение одновременно нескольких запросов с различных носителей. Подключение нескольких внешних SSD-дисков и перенастройка сервера для работы действительно дали выигрыш во времени обработки алгоритма почти в два раза.

Как было сказано выше, для обработки данных был выбран язык SQL, позволяющий с помощью относительно кратких запросов решить поставленные задачи. Запрос SQL и логика его составления приведены ниже.

В качестве исходных данных мы имели:

- неупорядоченную таблицу с кодами ячеек и численностью абонентов в них;
- таблицу с территориальными идентификаторами ячеек.

Соответственно, для выполнения работы необходимо было провести операцию суммирования по однотипным ячейкам, отсортировать результат в хронологическом порядке и привязать к конкретной территории.

При этом в алгоритме задействуется всего несколько операторов T-SQL:

1) Оператор выбора данных из базы данных *SELECT* с параметром *INNER JOIN*, определяющим пересечение исходной таблицы данных и таблицы с идентификаторами территориальной принадлежности ячеек, т.е. позволяющий выбрать только те ячейки из первичной базы данных, чью территориальную принадлежность мы задаем, в данном случае только ячейки Москвы.

2) Оператор *SELECT* с агрегированием *SUM* численности абонентов по однотипным ячейкам – *GROUP BY*.

3) Оператор сортировки в хронологическом порядке *ORDER BY*.

Для дальнейшего проведения исследования в целях возможности сопоставления с численностью населения отдельных частей Москвы, по данным Росстата, а также более понятной интерпретации результатов при проведении анализа, первичные ячейки данных (имеющие размер 500 на 500 м) были консолидированы по районам г. Москвы. Схема консолидации ячеек, расположенных в границах районов, отражена на рисунке (рис. 1).

Рис. 1. Примеры консолидации ячеек в районы

Fig. 1. Examples of cell consolidation into districts

Источник: составлено авторами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа первичных данных, агрегированных в целом по Москве, было определено, что численность населения и ее производная – плотность населения – ключевые показатели характеризующей пульсации населения с разными периодами (суточный, недельный, годовой). Также дополняет рассмотрение пульсаций населения анализ таких показателей, как суточный градиент численности или плотности населения.

Согласно существующим подходам к оценке уязвимости населения[1], именно плотность населения, характеризующая его пространственную концентрацию, является наиболее значимым фактором его уязвимости. В то же время слабой стороной большинства существующих методик оценки уязвимости жителей является ориентация на данные официальной статистики, которые не отражают реальной картины распределения и временной динамики наличного населения [*Flanagan et al.,* 2011; *Nelson et al.,* 2015].

Кроме того, работа МЧС и других экстренных служб в чрезвычайных ситуациях ориентируется прежде всего на данные о численности населения, предоставляемые официальной статистикой, хотя в зоне потенциальной опасности (например, техногенного пожара, обрушения зданий и пр.) может оказаться значительно большее количество людей, чем ожидается. Такая ситуация может привести к нехватке сил и средств для ликвидации чрезвычайной ситуации или усложнить эвакуационные мероприятия. Применение данных сотовых операторов позволяет разрешить эту проблему.

На базе данных о положении абонентов сотовой сети в различных районах Москвы в период с января 2019 по январь 2020 гг. проведен суточный анализ изменчивости численности населения различных районов Москвы.

Первичное графическое обобщение данных по таким показателям, как медианная численность населения в различные периоды и суточный градиент численности населения для Москвы в целом приведено на рисунке 2.

График медианной численности населения показывает колебания количества населения в недельном (локальные экстремумы в выходные дни в течение всего года) и сезонном (годовой минимум в летний период) циклах, кроме того, четко выделяются периоды майских и новогодних праздников (наибольшие спады в течение всего года).

График среднесуточных градиентов (разница максимального и минимального значений численности населения в каждой ячейке) показывает повышенные градиенты для праздничных дней (но период новогодних праздников после 1 января характеризуется сниженными градиентами в силу меньшей мобильности горожан в это время). Графики медианной численности населения отдельно в рабочие и в выходные дни также подтверждают обозначенные выше закономерности. Выявленные особенности характера пульсаций населения в течение года полностью соотносятся с ожидаемыми.

После анализа годовых колебаний численности и плотности населения для Москвы в целом необходимо было проанализировать территориальные различия в суточном цикле численности населения. Для этого мы остановились на временном срезе, характеризующем среднестатистический будний день холодного сезона года (сентябрь – апрель). Именно в этот период времени, согласно представленному выше анализу, наибольшее число горожан проживает в своем основном доме в Москве, а в дневное время – находится на рабочем месте (в данный период меньше всего людей находится в отпусках, а также за городом).

---

[1] World Risk Report 2020. URL: http://weltrisikobericht.de/english// (дата обращения 01.08.2021).

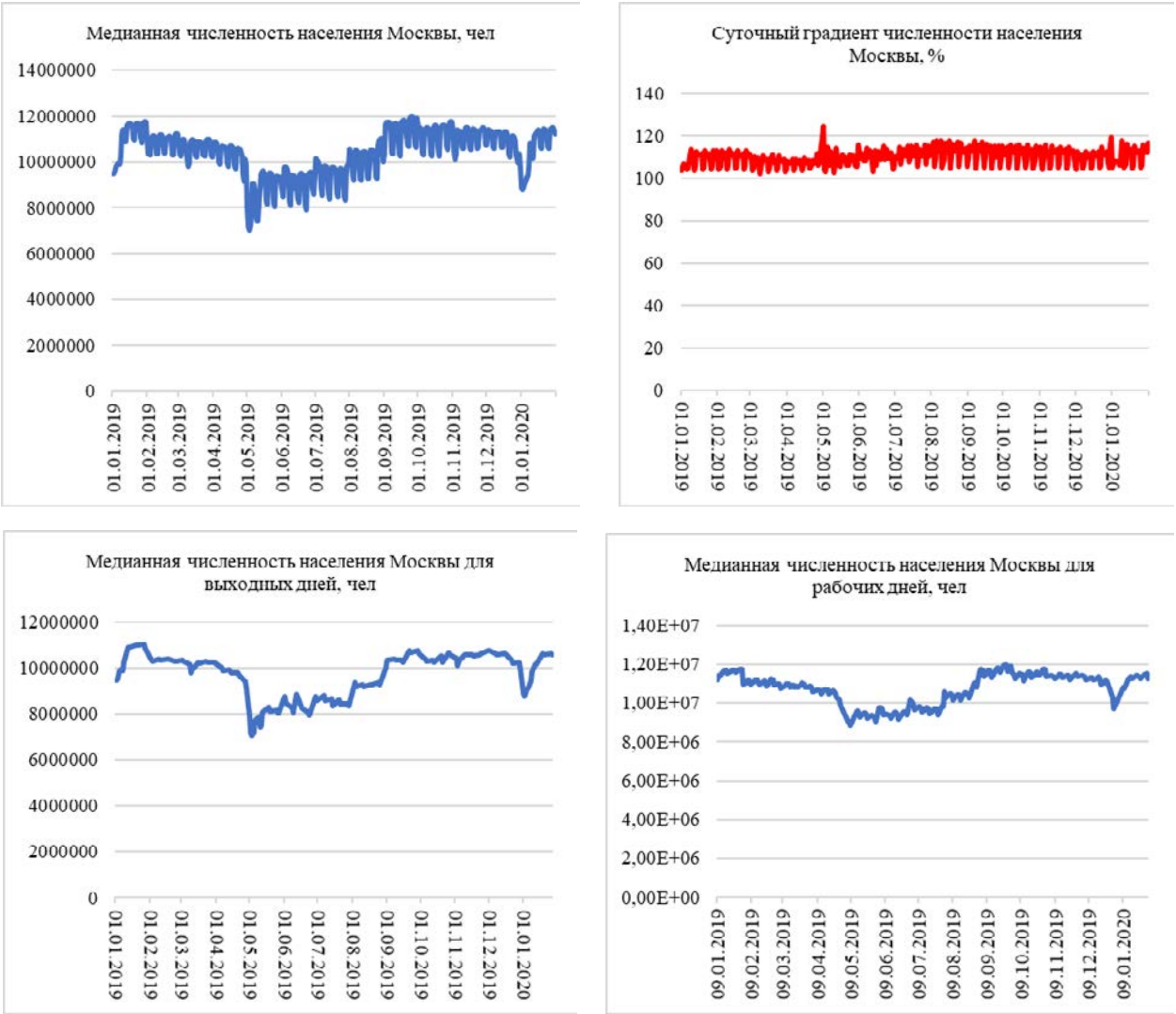


Рис. 2. Графики пульсаций численности населения в Москве, полученные на основе обработки данных сотовых операторов

Fig. 2. Graphs of population fluctuations in Moscow based on the data from mobile operators

Источник: [*Бадина и др.,* 2021].

В ходе предварительной оценки пульсаций населения были рассмотрены графики распределения жителей во всех 146-ти районах Москвы. В результате был сделан вывод, что наиболее высокий суточный разброс характерен для центральной части города, где концентрируются общественно-деловые функции (в первую очередь районы Центрального АО – Тверской, Пресненский, Басманный, Замоскворечье, Хамовники, Якиманка и др.). При этом для большинства этих районов медианные величины присутствующего населения смещены ближе к нижнему квартилю (в целом, в более длительный ночной период население этих районов существенно меньше, чем в менее длительный дневной период). Обратная ситуация наблюдается в периферийных районах города, где медианные величины смещены ближе к верхнему квартилю.

На рисунке 3 отражена численность наличного населения районов Москвы по 30-минутным временным интервалам. Она четко показывает, что наибольшие колебания, связанные с резким повышением численности горожан в дневной период, характерны как раз для районов Центрального АО.

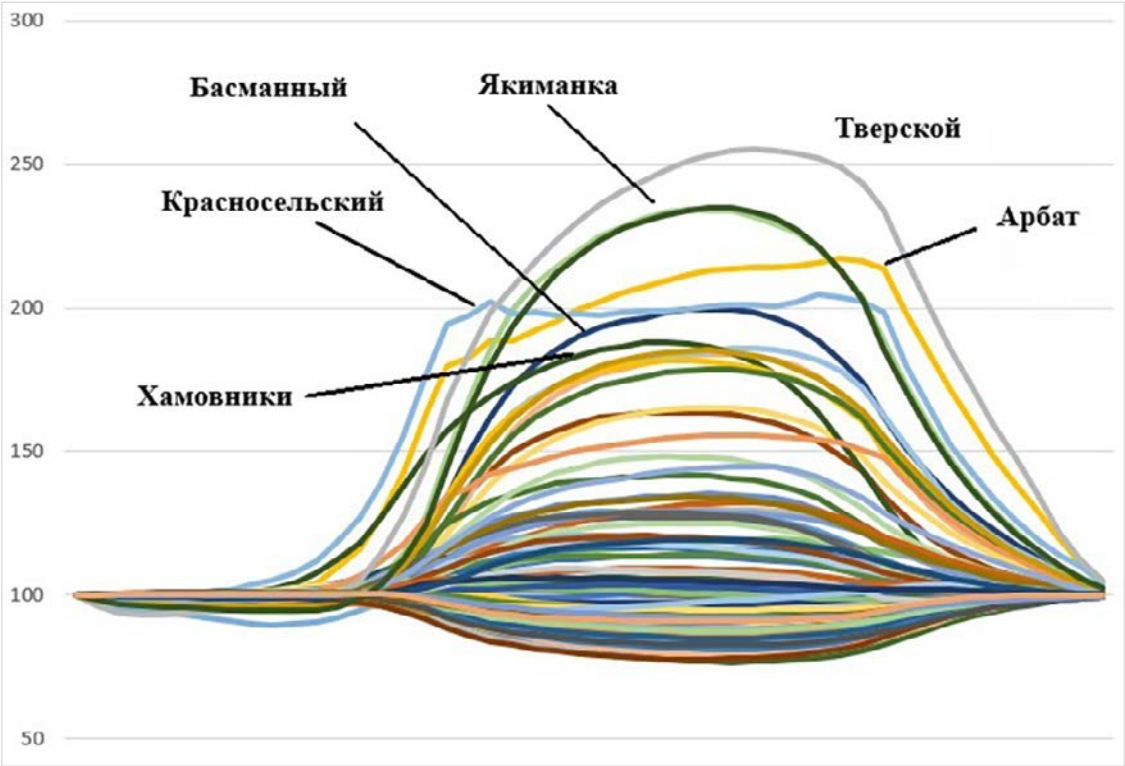


Рис. 3. Процентное изменение численности населения районов Москвы в течение дня с шагом в 30 минут, 2019 г., за 100 % взята численность в 0-00 часов. Каждая линия представляет динамику для конкретного района

Fig. 3. Percentage change in the population of Moscow districts during the day, 2019

Источник: составлено авторами по данным сотовых операторов.

Поскольку именно ЦАО характеризуется наибольшими пульсациями численности населения, связанного с резким повышением людности в рабочие, дневные часы, и, соответственно, наибольшей уязвимостью горожан в это время, он был выбран для более подробного рассмотрения суточного цикла численности наличного населения.

Для начала стоит сравнить численность населения районов в будние и выходные дни (с учетом сезонов года) и выявить общие закономерности динамики в эти периоды (рис. 4).

Для рассмотрения взяты два временных периода в пределах суток – 3:00 ч. (ночное население) и 15:00 ч. (дневное население) для будних и выходных дней недели. Из рассмотрения на этом этапе были исключены длительные праздничные дни – новогодние и майские праздники (в силу высокой специфики проявления флуктуаций населения в эти периоды года).

Как видно из рисунка 4, различия между людностью в будние и выходные дни в ночное время минимальные, хотя выделяются районы, где они почти полностью отсутствуют, это более центральные – Тверской, Басманный, Мещанский, Замоскворечье, Арбат. Вероятно, это связано с наличием развлекательных заведений, имеющих ночной режим работы, что компенсирует численность ночного населения в выходные дни.

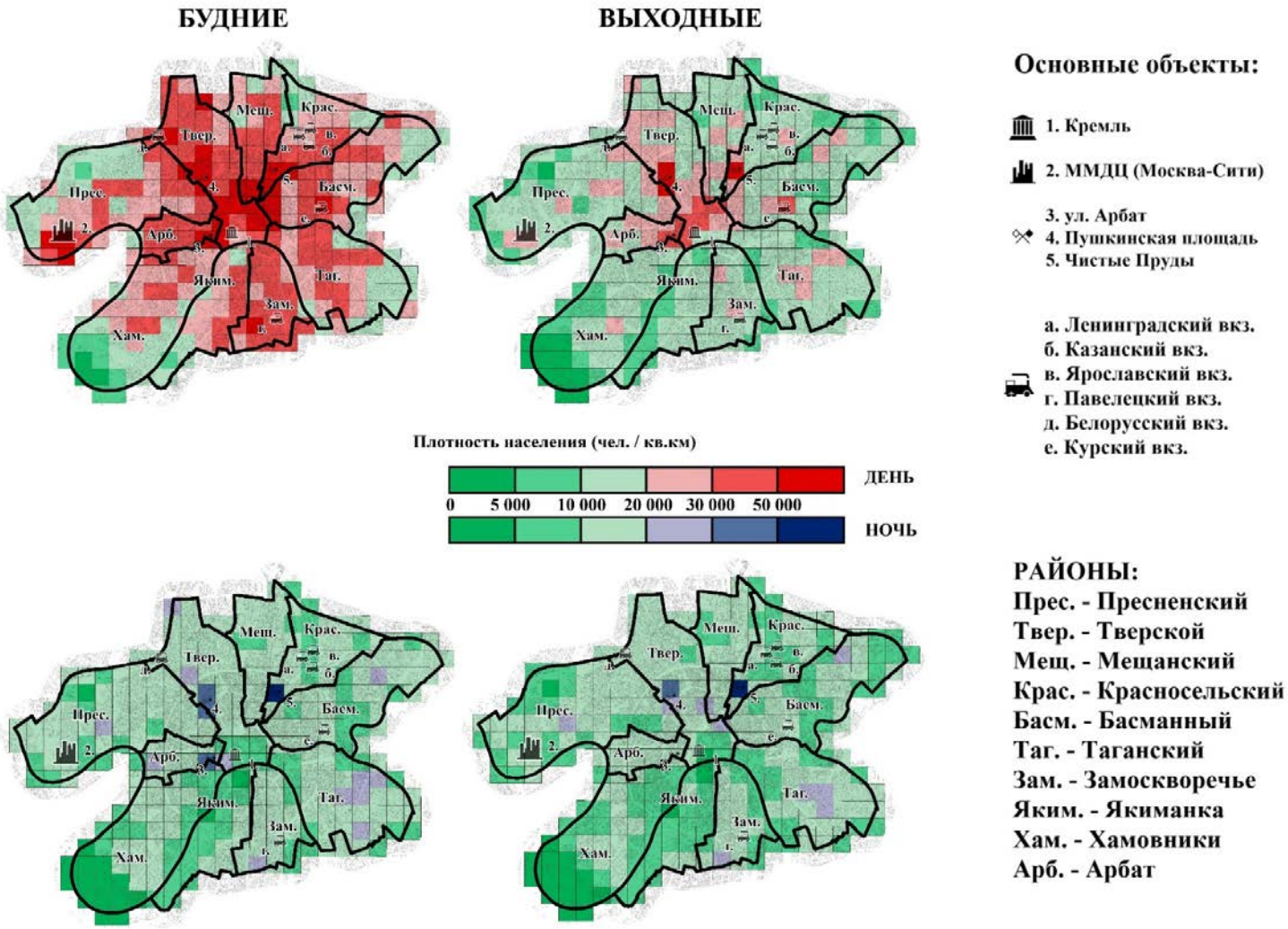


Рис. 4. Динамика ночного и дневного населения ЦАО г. Москвы в будне-выходном цикле (усредненные данные за год)

Fig. 4. Dynamics of the night and daytime population of the CAO of Moscow in the weekday-weekend cycle (averaged data for the year)

Источник: составлено авторами по данным сотовых операторов.

В численности ночного населения существуют некоторые различия в холодный и теплый периоды года (в холодный период численность больше, чем в теплый). Максимальные различия характерны для Пресненского, Тверского, Таганского, Басманного, Красносельского районов. Это связано с отъездом постоянного населения этих районов в отпуска и на дачи. В остальных районах, вероятно, численность летнего ночного населения частично компенсируется постояльцами гостиниц, хостелов и иных мест временного размещения.

В численности дневного населения различия в будние и выходные дни крайне велики (до 2 раз). Данная закономерность вполне очевидна – в районах ЦАО сосредоточено большое число офисов, и ежедневно в будние дни сюда на работу приезжает значительное количество населения. Так, максимальные различия характерны для таких районов как Пресненский, Басманный, Замоскворечье, Якиманка. Данные районы (особенно первые два) отличаются большим количеством офисов (как ЦАО в целом), но при этом не сильно привлекают население в выходные дни. При этом людность районов между холодным и теплым периодами года изменяется не так значительно, примерно в такой же степени, как и для ночного населения.

Рассмотрим суточную динамику численности для районов Центрального АО для года в среднем за год, а также в разрезе всех, будних и выходных, дней (рис. 5).

В суточной динамике годовой медианной численности населения видно сильное повышение численности в дневные часы. Так, в будний день на пике в дневное время (как правило, в 15-00) рост населения Тверского района достигает 310 %, Замоскворечья и Якиманки – 290 %, Арбата, Басманного и Красносельского – 230–250 %, Мещанского, Хамовников, Пресненского – 210 %, Таганского – 180 %. Разброс в цифрах роста объясняется различными соотношениями офисной и жилой недвижимости в этих районах и их центральностью. Для всех дней в целом (и будних, и выходных) распределение в основном такое же, как для будних, но рост населения в дневные часы меньше – от 170 до 290 %.

Для большинства районов характерен рост численности горожан в среднем до 15-00, а затем снижение, но для таких районов, как Арбат, Красносельский и Таганский численность примерно постоянная на всем временном промежутке с 9-00 до 18-00. Вероятно, это связано с тем, что в отличие от других районов, в эти районы приезжает население исключительно на работу в указанный промежуток времени, а людей, бывающих здесь проездом или с иными целями, относительно мало.

В выходные дни видна несколько иная динамика. Во-первых, прослеживается более сильный ночной спад (поскольку расчет проводится по отношению к 0-00 ч, а многие развлекательные заведения еще работают по выходным в это время), во-вторых, дневной рост не такой сильный и районы несколько меняются местами. Так, рост населения в Тверском районе составляет 160 %, в районе Арбат – 150 %, в районах Якиманка и Красносельский – 140 %, в остальных районах – от 110 до 130 %. В районах, где рост в выходные дни наибольший, – Тверской и Арбат – максимум населения смещен к 18-00, в отличие от других районов, где он смещен ближе к 15-00. Такая динамика характеризует районы Тверской и Арбат как центры досуга в вечерние часы выходного дня.

Важно отметить, что раньше всех (особенно в выходные дни, но для будних это также характерно) по отношению к другим территориям города население начинает расти в Красносельском районе, что связано с положением в его пределах Ленинградского, Ярославского и Казанского вокзалов, где пик прибытий и отправлений поездов приходится на утренние, дневные и вечерние часы. Этим данный район не похож на остальные.

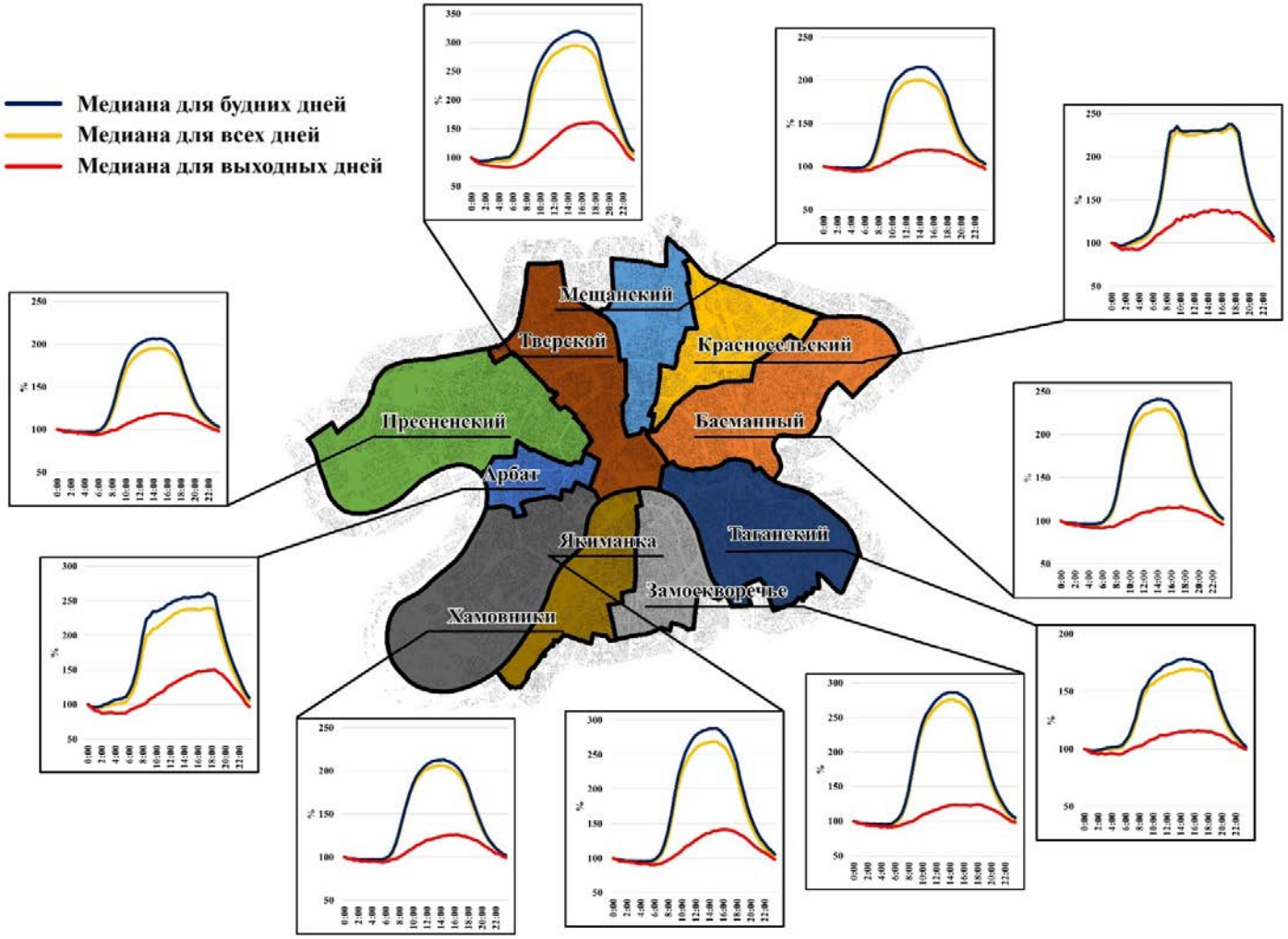


Рис. 5. Суточная динамика медианной численности населения за год и отдельно для будних и выходных дней для ЦАО г. Москвы, в % к численности в 0-00 часов

Fig. 5. Daily dynamics of the median population for the year and separately for weekdays and weekends for the CAO of Moscow, in % of the population at 0-00 hours

Источник: составлено авторами по данным сотовых операторов.

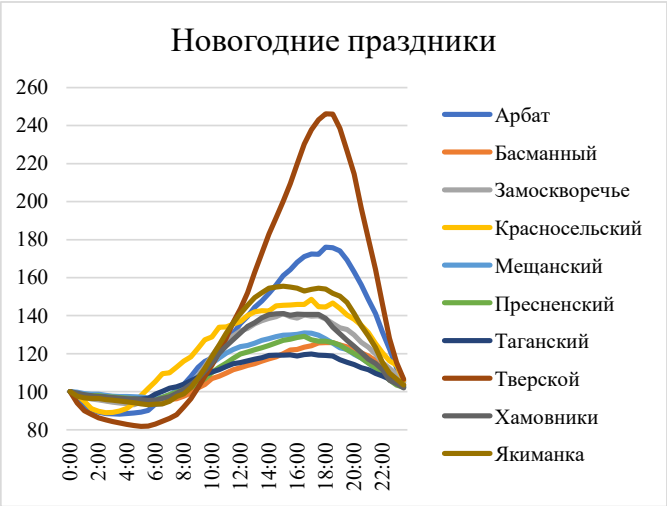
Если говорить о сезонных различиях, то в суточной динамике в холодный период года проявляются те же тенденции, что и в целом за год. Единственным отличием является то, что вечерний пик в выходные дни в Тверском районе более острый, что, вероятно, является следствием погодных условий – население приезжает сюда в определенные культурно-развлекательные заведения на более короткий период, в отличие от лета, когда погода предоставляет возможность дольше гулять на улице.

В целом, в выходные дни летнего периода рост численности (110–150 %) населения значительно меньше, чем в выходные дни зимнего периода (115–165 %). При этом будние дни летнего периода отличаются от будних дней зимнего периода значительно меньше, чем выходные.

В летний период, помимо того, что вечерний пик в выходные дни более сглаженный, Тверской район делит лидерство по росту населения днем вместе с районом Якиманка. От остальных районов также отрываются вверх по росту такие районы, как Хамовники, Замоскворечье и Пресненский. Вероятно, они также включаются в маршруты прогулок наряду с районами Тверской и Арбат, ввиду более благоприятных погодных условий.

Основной важной закономерностью, отличающей Красносельский район от остальных, является то, что численность дневного населения в летний период (как в будние дни, так и в выходные), здесь возрастает больше, чем в зимний период. Рост в летний период составляет 240 % в будни и 140 % в выходные, тогда как в зимний – 230 % в будни и 130 % в выходные. Причина, опять же, в наличии на его территории трех крупных вокзалов, на которых в летний период увеличивается пассажиропоток как благодаря пригородным поездам, так и поездам дальнего следования.

Суточная динамика в новогодние и майские праздники по большинству закономерностей не отличается от динамики в «стандартный» выходной день соответственно холодного и теплого периодов года. Тем не менее, на приведенных графиках (рис. 6) хорошо видно, что темпы роста населения в эти праздничные дни по большинству районов ЦАО в целом несколько выше, но максимально высокие они в наиболее привлекательных



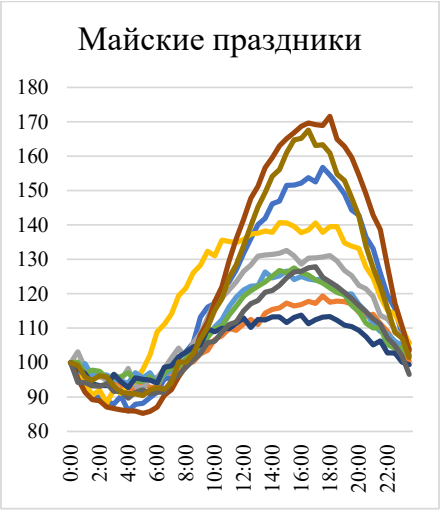


Рис. 6. Суточная динамика медианной численности населения в новогодние и майские праздники районов ЦАО г. Москвы, в % к численности в 0-00 часов

Fig. 6. Daily dynamics of the median population during the New Year and May holidays of the districts of the CAO of Moscow, in % of the population at 0-00 hours

Источник: составлено авторами по данным сотовых операторов.

для прогулок районах – Тверском в новогодние праздники (250 %), Тверском, Якиманке и Арбате в майские праздники (170 %, 165 %, 155 %). Отдельным фактором увеличения численности Тверского района в праздничные дни являются проводимые здесь (в Кремле, на Красной площади, на центральных улицах) массовые мероприятия, такие как, например, Парад Победы.

ВЫВОДЫ

Подход, при котором рассмотрение динамики численности населения производится на основе административных границ, не всегда способен дать точное представление о проявлении того или иного пульсационного цикла. В силу того, что граждане не замечают и не учитывают географические и административные рубежи, в некоторых случаях, высокая численность населения района может нивелировать даже значимые всплески людности при изучении территории в рамках административных границ. В этой связи определение географического места и причин проявления флуктуаций становится серьезной методологической проблемой. Данная проблема видится особенно острой в контексте необходимости поиска путей элиминирования возможных негативных последствий природно-техногенных опасностей. Это потребовало от нас перехода к более детальному рассмотрению территории, например, в разрезе сеточной палетки 500 на 500 м. Разложение пульсационных ритмов на палетке 500 на 500 м в границах районов ЦАО позволило более детально увидеть локальные экстремумы концентрации горожан, отражающие основные деловые и культурно-досуговые аттракторы центральных районов города. Расчеты показали, что плотность как принятая в данной работе характеристика уязвимости населения городских районов в различные временные промежутки претерпевает существенные трансформации.

ЦАО отличается наиболее выраженными суточными, и, в меньшей степени, недельно-сезонными флуктуациями людности. Анализ плотностных характеристик численности населения, проведенный на годовой базе данных сотовых операторов, показал неодинаковость суточной изменчивости в различных частях города. При этом наивысшие значение пульсаций отмечаются в наиболее привлекательных для работы и досуга районах ЦАО. Центр Москвы отличают самые значительные абсолютные и относительные показатели концентрации населения, что требует пристального внимания в контексте изучения уязвимости населения перед различными рисками, напрямую связанными с плотностными характеристиками людности. В противоположность большинству других районов города, Центр отличает абсолютное превалирование суточного и будне-выходного циклов. Сезонные флуктуации выражены здесь гораздо слабее и проявляются в спальных ареалах (которых больше в Пресненском, Таганском, Басманном и Тверском районах).

Суточные ряды изменений численности и плотности населения в будние дни демонстрируют рост этих показателей в дневные часы в 2,2–3,2 раза по отношению к ночному времени. В выходные дни рост более сглажен – 1,2–1,6 раз. Наивысшие значения характерны для Тверского района. Этот же район, наряду с Арбатом и Якиманкой, выделяется в пульсациях населения в праздничные дни, что связано с размещением там основных общегородских развлекательных площадок. Интересен сглаженный в дневные часы пульсационный ряд Красносельского района, что связано с его ключевой транспортно-логистической функцией (размещением трех крупных вокзалов столицы).

Таким образом, обозначенный подход к анализу и отображению пространственно-временной информации позволил довольно точно отразить имеющиеся структурно-функциональные особенности делового ядра столицы, а также дать количественное и качественные характеристики свойственных им пульсаций населения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Москвы в рамках научного проекта № 21-35-70004.

Авторы благодарны Департаменту информационных технологий Правительства Москвы за предоставленные данные о передвижении абонентов мобильной связи.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was funded by the Russian Foundation for Basic Research and Moscow city Government according to the project No. 21-35-70004.

The authors are grateful to the Department of Information Technologies of the Moscow Government for data provided on the movement of mobile subscribers.

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. № 66 (3). С. 416–439. DOI: 10.21638/spbu07.2021.301.
2. *Бадина С.В., Бабкин Р.А., Березняцкий А.Н.* Перспективы применения данных сотовых операторов в исследованиях природного и техногенного риска. Федерализм. 2021. Т. 26. № 4 (104). С. 111–126. DOI: http://dx.doi.org/10.21686/2073-1051-2021-4-111-126.
3. *Богоров В.Г., Новиков А.В., Серова Е.И.* Самопознание города. Археология периферии (материалы Московского урбанистического форума). М.: Меганом, Институт Strelka, 2013. С. 380–405.
4. *Гражданкин А.И., Печеркин А.С.* О влиянии «управления комплексным риском» на рост угроз техногенного характера. Проблемы анализа риска. 2005. Т. 2. № 3. С. 279–280.
5. *Махрова А.Г., Бабкин Р.А.* Анализ пульсаций системы расселения Московской агломерации с использованием данных сотовых операторов. Региональные исследования. 2018. № 2 (60). С. 68–78.
6. *Aubrecht C., Özceylan D., Steinnocher K., Freire S.* Multi-level geospatial modeling of human exposure patterns and vulnerability indicators. Natural Hazards. 2013. Vol. 68. No. 1. P. 147–163.
7. *Flanagan B.E., Gregory E.W., Hallisey E.J., Heitgerd J.L., Lewis B.* A social vulnerability index for disaster management. Journal of homeland security and emergency management. 2011. Vol. 8. No. 1.
8. *Frigerio I., De Amicis M.* Mapping social vulnerability to natural hazards in Italy: A suitable tool for risk mitigation strategies. Environmental Science & Policy. 2016. Vol. 63. P. 187–196.
9. *Fritchey G.* SQL Server 2017. Query Performance Tuning: Troubleshoot and Optimize Query Performance. Apress, 2018.
10. IPCC: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y., et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. 1420 p.
11. *Nelson K.S., Abkowitz M.D., Camp J.V.* A method for creating high resolution maps of social vulnerability in the context of environmental hazards. Applied Geography. 2015. Vol. 63. P. 89–100.
12. *Orttung R.W., Anisimov O., Badina S., Burns C., Cho L., DiNapoli B., Jull M., Shaiman M., Shapovalova K., Silinsky L., Zhang E., Zhiltcova Y.* Measuring the sustainability of Russia's arctic cities. Ambio, 2020. P. 1–15.
13. *Osipov V.I., Larionov V.I., Burova V.N., Frolova N.I., Sushchev S.P.* Methodology of natural risk assessment in Russia. Nat Hazards. 2017. No. 88. P. 17–41.

14. *Roncancio D.J., Nardocci A.C.* Social vulnerability to natural hazards in São Paulo, Brazil. Natural Hazards. 2016. Vol. 84. No. 2. P. 1367–1383.
15. UNDRR: Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), 2019. 425 p.

REFERENCES

1. *Aubrecht C., Özceylan D., Steinnocher K., Freire S.* Multi-level geospatial modeling of human exposure patterns and vulnerability indicators. Natural Hazards. 2013. Vol. 68. No. 1. P. 147–163.
2. *Babkin R.A.* The experience of using the mobile phone data in economic geographical researches in foreign. Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences. 2021. No. 66 (3). DOI: 10.21638/spbu07.2021.301 (in Russian).
3. *Badina S.V., Babkin R.A., Bereznyatsky A.N.* Prospects for the use of mobile operator data in studies of natural and man-made risk. Federalism. 2021. Vol. 26. No. 4 (104). P. 111–126. DOI: http://dx.doi.org/10.21686/2073-1051-2021-4-111-126 (in Russian).
4. *Bogorov V.G., Novikov A.V., Serova E.I.* Self-knowledge of the city. The Archaeology of the periphery (proceedings of the Moscow urban forum). Moscow: Meganom & Institute Strelka, 2013. P. 380–405 (in Russian).
5. *Flanagan B.E., Gregory E.W., Hallisey E.J., Heitgerd J.L., Lewis B.* A Social vulnerability index for disaster management. Journal of homeland security and emergency management. 2011. Vol. 8. No. 1.
6. *Frigerio I., De Amicis M.* Mapping social vulnerability to natural hazards in Italy: A suitable tool for risk mitigation strategies. Environmental Science & Policy. 2016. Vol. 63. P. 187–196.
7. *Fritchey G.* SQL Server 2017. Query Performance Tuning: Troubleshoot and Optimize Query Performance. Apress, 2018.
8. *Grazhdankin A.I., Pecherkin A.S.* On the influence of “integrated risk management” to growth in technological disasters. Problems of risk analysis. 2005. Vol. 2. No. 3. P. 279–280 (in Russian).
9. IPCC: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y., et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. 1420 p.
10. *Makhrova A.G., Babkin R.A.* Analysis of pulsations of the settlement system of the Moscow agglomeration using data from mobile operators. Regional studies. 2018. No. 2 (60). P. 68–78 (in Russian).
11. *Nelson K.S., Abkowitz M.D., Camp J.V.* A method for creating high resolution maps of social vulnerability in the context of environmental hazards. Applied Geography. 2015. Vol. 63. P. 89–100.
12. *Orttung R.W., Anisimov O., Badina S., Burns C., Cho L., DiNapoli B., Jull M., Shaiman M., Shapovalova K., Silinsky L., Zhang E., Zhiltcova Y.* Measuring the sustainability of Russia’s arctic cities. Ambio, 2020. P. 1–15.
13. *Osipov V.I., Larionov V.I., Burova V.N., Frolova N.I., Sushchev S.P.* Methodology of natural risk assessment in Russia. Nat Hazards. 2017. No. 88. P. 17–41.
14. *Roncancio D.J., Nardocci A.C.* Social vulnerability to natural hazards in São Paulo, Brazil. Natural Hazards. 2016. Vol. 84. No. 2. P. 1367–1383.
15. UNDRR: Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 2019. 425 p.