

УДК 911.372.32

АГЛОМЕРАЦИИ ВТОРОГО ПОРЯДКА В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

© 2024 г. Р. А. Бабкин^{1, 2, *}, А. Н. Березняцкий^{3, **}, А. Г. Махрова^{4, ***}

¹РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

²ВНИИ труда Минтруда России, Москва, Россия

³ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

⁴Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: babkin_ra@mail.ru

**e-mail: artandtech@yandex.ru

***e-mail: almah@mail.ru

Поступила в редакцию 19.08.2024 г.

После доработки 22.08.2024 г.

Принята к публикации 12.09.2024 г.

В статье на основе данных сотовых операторов о сложившихся к настоящему времени потоках трудовых маятниковых мигрантов проведена делимитация городских агломераций второго порядка в Московском регионе с использованием графоаналитического подхода, который ранее для изучения систем расселения не применялся. Авторская методика включала в себя построение серии графов и их обработку при помощи Лейденского алгоритма кластеризации (с учетом и без учета влияния Москвы) с дальнейшей идентификацией из состава получившихся кластеров агломераций второго порядка. Было выделено 25 малых агломераций, 16 из которых возникли еще в советский период. В ходе постсоциалистической трансформации общественной и экономической жизни, масштабного притока мигрантов и массового жилищного строительства в зоне ближне- и среднеудаленных пригородов столичной агломерации сложился динамичный и многоядерный фронтальный пояс, в котором появились новые (Видновская, Чеховская и Наро-Фоминская) и сегментировались многие существовавшие ранее (Люберецко-Раменская, Химкинско-Зеленоградская и Мытищинско-Королевско-Щёлковская) городские агломерации второго порядка. В них быстрый рост ядер происходил как в результате миграционного прироста, так и за счет вхождения в их состав поселений-спутников в ходе административно-территориальных преобразований. В свою очередь многие не поглощенные города выросли и сформировали новые ядра, закладывая основу для дальнейшего деления малых агломераций (например, Люберецкой). В агломерациях, расположенных на периферии, подавляющая часть которых сформировалась в советское время, лишь в последние годы в ядрах перестало сокращаться население. На этом фоне заметно возросла роль крупных сельских населенных пунктов и поселков городского типа, в настоящее время сформировавших пространственный каркас пригородных зон большинства агломераций. Таким образом, проведенный анализ не только позволил выявить тенденции развития малых агломераций – этого недооцененного яруса системы расселения, но также закладывает теоретическую базу для реализации на практике принципов полицентрического пространственного развития Московской агломерации.

Ключевые слова: расселение, Московская городская агломерация, малые городские агломерации, данные сотовых операторов, маятниковые трудовые миграции, графы, Лейденский алгоритм

DOI: 10.31857/S2587556624050033 EDN: APMCEP

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Городские агломерации как пространственное отражение растущей урбанизации – одни из самых распространенных и бурно развивающихся структур расселения в современном мире: го-

рода, выплескиваясь за пределы зачастую веками устоявшихся границ, образуют со своим окружением новые концентрированные формы расселения. Россия, несмотря на свое в целом разреженное в сравнении со многими странами

расселение, тоже стала страной агломераций (Лейзерович, 2004; Смирнягин, 2008).

На сегодняшний день Московская городская агломерация является крупнейшим урбанистическим образованием страны, заметно опережающим остальные по степени развитости (Антонов, Махрова, 2019). Ее становление связано с послевоенным ростом столицы и расширением эффективной зоны сбора маятниковых трудовых мигрантов (МТМ) под влиянием развития транспортной сети (электрификации пригородных железных дорог, появления пригородного автобусного сообщения и т.д.). В это же время происходил активный рост большинства современных крупных подмосковных центров, стимулируемый появлением новых обрабатывающих производств, научных и других третичных функций, свойственных пригородной зоне ведущего экономического и политического центра большой страны.

К концу советского периода скорость урбанизационных процессов замедлилась. Хотя расширение зоны влияния Москвы, нарастание плотности населения и хозяйственной деятельности в Московской области продолжались, процессы внутренней организации и трансформации структуры расселения Подмоскovie стали превалять над формированием новых центров и ростом количественных показателей, прежде всего численности и доли городского населения.

Уже к 1970-м годам столичная агломерация приобрела очертания, близкие к современным, когда по линиям железных дорог она подошла к границам Московской области, а в ее составе было более двух десятков возникших к тому времени городов 50-тысячников со своими зонами тяготения (Махрова, Трифонов, 1990). В это же время на фоне гипертрофированного роста Москвы в среде градостроителей и экономико-географов появились предложения по формированию “эшелонированной” системы центров-противовесов Москвы, ключевая роль в которой должна была быть именно у крупнейших городов области (Листенгурт, Наймарк, 1971; Сашкин, Глушкова, 1983; и др.). Несмотря на то, что центростремительные тенденции в развитии структуры расселения преодолеть так и не удалось, уже тогда была экспертно обоснована необходимость полицентрического развития Московской агломерации.

Такой подход не потерял актуальности и в настоящее время, более того, предпосылки для такого развития скорее усилились. Отличительная особенность современной столичной агломерации – наличие множества крупных центров трудового тяготения, которые, впрочем, ввиду явного доминирования Москвы обычно рассматриваются как периферия – пригородная зона.

В то же время близость к столице способствует интенсификации развития этих центров, которое выражается в высоких темпах экономического роста, повышенной инвестиционной привлекательности, а также быстром увеличении численности населения. Практически все городские центры (в том числе малые и средние) в радиусе 60-километровой зоны от МКАД устойчиво растут (Бабкин, 2024). Более того, в пригородной зоне столичной агломерации наблюдается изобилие непропорционально больших сельских населенных пунктов, а также поселков городского типа, людность которых порой может достигать десятков тысяч человек. Все это приводит к уплотнению сети расселения и запуску агломерационных процессов на низовых уровнях пространственной иерархии.

Московской агломерации и Московскому столичному региону, большая часть территории которого занята этой агломерацией (это позволяет их часто рассматривать как тождественные образования), посвящено множество исследований. Продолжая традиции советского времени, когда был опубликован ряд значимых работ (Вопросы..., 1988; Минц, 1961; Московский ..., 1988; и др.), в постсоветский период вышли две монографии, анализирующие итоги первого десятилетия развития Московского столичного региона (Бабуринов и др., 2003) и сдвиги, произошедшие в его структуре к середине 2000-х годов (Махрова и др., 2008), а также целая серия статей по агломерационной тематике.

В большинстве из них акцент делается на изучении отдельных сторон развития Московской агломерации: миграция и расселение населения (Зайончковская, Иоффе, 2013; Мкртчян, 2019), жилищное строительство (Куричев, Куричева, 2020), промышленность (Горячко, 2021), сельское хозяйство (Нефедова, 2017), логистика (Макушин, Горячко, 2022). С появлением альтернативных источников информации и данных сотовых операторов появились работы по трудовым маятниковым миграциям (Махрова и др., 2013; Шитова, 2009), а также исследования, выполненные на их основе, в том числе и по выделению границ Московской агломерации (Махрова, Бабкин, 2019). Отдельные работы посвящены окраинным городам, в которых проблема их делимитации рассматривается на примере Химок (Golubchikov et al., 2011).

В ряде работ Московская агломерация рассматривается комплексно, затрагивая и проблематику агломераций второго порядка (Махрова и др., 2023). В зарубежных публикациях эта тематика отсутствует, хотя Московская агломерация как отдельный кейс есть в значимых сборниках по вопросам субурбанизации и постсубурбанизации в мире и на постсоветском пространстве (Brade et al., 2014; Golubchikov et al., 2011).

Впервые понятие “агломерация второго порядка” было введено Г.М. Лаппо (1971), который понимал их как локальные образования вокруг крупных центров в пригородной зоне более крупной агломерации, выделяющиеся концентрацией населения и предприятий различных отраслей экономики. По отношению к основной (первой агломерации) они идентифицируются как агломерации второго порядка и характеризуются повышенной связностью населения как внутри этих образований, так и с ядром основной агломерации¹.

Вслед за Г.М. Лаппо эта тематика поднималась в работах А.Г. Махровой и Е.Н. Перцика, где были представлены результаты делимитации и проведена типология агломераций второго порядка по особенностям социально-экономического развития (Махрова, Перцик, 1988; Перцик, Махрова, 1988). Кроме того, еще в одной работе рассмотрено развитие процессов урбанизации в Московском регионе, включая историю формирования и развития Московской агломерации и агломераций второго порядка в ее составе (Махрова, Трифионов, 1990).

Однако позже полноценный анализ того, как агломерации второго порядка развивались в постсоветское время, не проводился. Лишь в некоторых работах эта тематика рассматривалась косвенно как одна из характеристик сети расселения пригородной зоны Московской агломерации с отсылкой на ранее выполненные работы (Махрова и др., 2008, 2023). Среди исследований, посвященных отдельным агломерациям второго порядка, есть только публикация по Обнинской агломерации (Нежданов, 2024).

Таким образом, как это ни удивительно, но работ, посвященных непосредственно агломерациям второго порядка, крайне мало. При этом наличие в столичном регионе десятков городских центров, многие из которых имеют людность свыше 50, 100, 250 и даже 500 тыс. человек, ставит вопрос о формировании на их основе второго яруса агломерационных структур и полностью укладывается в парадигму географической полииерархичности и полимасштабности (Маергойз, 1986; Хаггет, 1979).

В этой связи настоящее исследование стоит считать логическим шагом по использованию высокодетализированных данных сотовых операторов о потоках МТМ применительно к изучению малых агломерационных структур столичного региона, остающихся в тени большой Московской агломерации, но несущих важнейшую каркасообразующую функцию для всей системы

расселения столичного региона. Его цель состоит в анализе функциональной и морфологической структуры пригородной зоны Московской агломерации на предмет развития и формирования в ней агломераций второго порядка.

В статье рассматриваются следующие вопросы:

- количество, состав и структура агломераций второго порядка, появление в них новых ядер и спутников;
- изменение связей между спутниковыми населенными пунктами внутри пригородных зон и структура иерархических отношений между ними;
- трансформация зон тяготения отдельных центров;
- влияние расширения Москвы на развитие агломераций второго порядка.

Новизна работы состоит в анализе тенденций развития агломераций второго порядка в Московском регионе (в границах Москвы и Московской области) в постсоветский период, включая их делимитацию, которая была проведена на основе данных сотовых операторов.

ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Кроме данных официальной статистики данная работа построена на использовании обезличенных и очищенных от двойного счета и технических шумов данных Департамента информационных технологий г. Москвы о перемещении абонентов операторов сотовой связи (“Билайн”, “МТС”, “Мегафон” и “Теле-2”), представленных в виде матрицы корреспонденций “дом–работа”. Формирование матрицы производится на основе выделения мест проживания и работы абонента в зависимости от регулярности и длительности пребывания в ночные и дневные часы. Такой подход не совершенен, поскольку не учитывает лиц, не привязанных к определенному месту работы (например, таксисты или курьеры), работающих в ночное время или в гибридном режиме. В меньшей степени искажения связаны с отсутствием постоянного места проживания. Однако, несмотря на свои недостатки, на сегодняшний день это, пожалуй, наиболее точный и масштабный ресурс данных о перемещении маятниковых трудовых мигрантов.

Еще одно важное преимущество данных сотовых операторов связано с тем, что при размере низовых территориальных ячеек 500 м × 500 м они не привязаны к административному/муниципальному делению территории. В отличие от данных официальной статистики, которая дается, в основном, в разрезе городских округов, такая дробность позволяет более адекватно учитывать расселение населения и сложившиеся естествен-

¹ В некоторых работах под агломерациями второго порядка понимают просто менее значимые агломерации по сравнению с главными агломерациями в своей стране, что порождает определенную путаницу в терминах (Колодин, 2012).

ные элементы расселения, в чем имеется острая необходимость при изучении агломераций.

Оставляя за скобками вопрос о границах Московской агломерации, которые разными авторами выделяются по-разному (Бабкин, 2019; Лаппо, 1987, 1997; Лола, 2005; Махрова, Бабкин, 2019; Симагин, 1997; и др.), в данной работе она условно рассматривается в границах Московской области, что обусловлено имеющимися данными сотовых операторов по трудовым маятниковым миграциям населения. Понятно, что при таком подходе в состав пригородной зоны вошел ряд территорий на периферии области и не учтены районы, расположенные за границами области. При этом в пригородную зону включены три периферийных административных округа Москвы – Зеленоградский, Новомосковский и Троицкий.

Работа выполнялась в три последовательных этапа, на первом из которых были построены графы, на втором – проведена их кластеризация, а на третьем – из числа выделенных кластеров были делимитированы агломерации второго порядка.

На *первом этапе* на основе матрицы “дом–работа” строятся графы с учетом и без учета влияния Москвы². При построении графа, а также для его дальнейшего анализа необходимо решить проблему модулярности (Ostroumova et al., 2017). В некотором смысле этот параметр (модулярность) отражает склонность графа к разбиению на подсети, характеризуя структуру графа (сети), в частности, степень кластеризации узлов, когда внутри кластера наблюдается много узлов, а между кластерами их мало, так как не все имеющиеся графы кластеризуемы (Luke, 2015).

Для Московского региона была построена серия графов с отсечением потока МТМ по нижней границе, что позволяет переходить от одного графа к другому с повышением степени модулярности, которая определяется как разница между долей связей внутри группы и ожидаемой долей связей, если бы связи были размещены случайно (рис. 1). При этом его значение может находиться в диапазоне от -0.5 до 1 : чем выше показатель, тем больше уровень кластеризации сети в соответствии с данной группировкой узлов.

При потоке от 1 человека из ячейки возникает сеть по типу связи “всех со всеми” со слабой модулярностью (на рис. 1 это выражено окрашиванием практически всех населенных ячеек). При этом граница потока в 10 человек приводит к распаду исходной сети на изолированные фрагменты, слабо связанные между собой (или

вообще без взаимосвязей). Для определения наилучшей границы отсечения были применены статистические тесты (Miasnikof et al., 2023), с помощью которых определено, что наилучшего значения модулярности (0.92) система приобретает при нижней границе потока в 4 человека из ячейки.

На *втором этапе* была проведена кластеризация графов с учетом и без учета влияния трудовых маятниковых миграций с Москвой. Среди множества алгоритмов кластеризации графов наиболее популярны Лейденский (Traag et al., 2019) и Лувенский (Blondel et al., 2008). Однако Лейденский алгоритм работает значительно быстрее, поэтому он и был использован авторами в качестве базового алгоритма кластеризации полученного графа. В качестве основного программного инструментария использовалась среда статистических вычислений R (модуль *igraph*) (Luke, 2015).

При этом в случае графов используется не метрика близости объектов, а плотность их взаимосвязей. Аналогично классическим методам кластеризации (Айвазян и др., 1974) на графах некоторым параметрам алгоритма даются числовые значения, от которых в значительной степени зависит результат кластеризации. В Лейденском алгоритме такой параметр – это “параметр разрешения”, небольшие значения которого приводят к грубой кластеризации и к укрупненным группировкам на выходе, а большие значения дают более высокую разрешающую способность алгоритма.

Значимым методологическим вопросом является то, каким образом задавать значения этого параметра, так как возможен как экспертный, так и автоматизированный подход. Авторы предлагают интегральный вариант, имеющий свои корни в классических иерархических методах кластеризации. Для пояснения его логики приведен пример эксперимента с искусственно созданными сетями (рис. 2). В качестве автоматически рассчитываемого параметра для алгоритма кластеризации предлагается использовать значение, полученное в виде отношения среднего количества членов кластера к совокупному количеству кластеров, полученных при различных вариантах кластеризации. Значения этой метрики резко снижаются при различных вариантах кластеризации и далее слабо изменяются. При этом точка перегиба используется в качестве входной для итоговой кластеризации: в нашем случае эта точка соответствует 4 шагу.

Таким образом, в авторском варианте выбора значений параметра разрешения производится последовательный перебор возможных значений разрешений алгоритма кластеризации и накапливается информация о полученных разбиениях

² Аналогичный прием был использован и в работе (Перчик, Махрова, 1998) при выделении агломераций второго порядка в Московском регионе, когда расчет потенциала поля расселения и выделение агломераций второго порядка производился с учетом и без учета влияния Москвы.

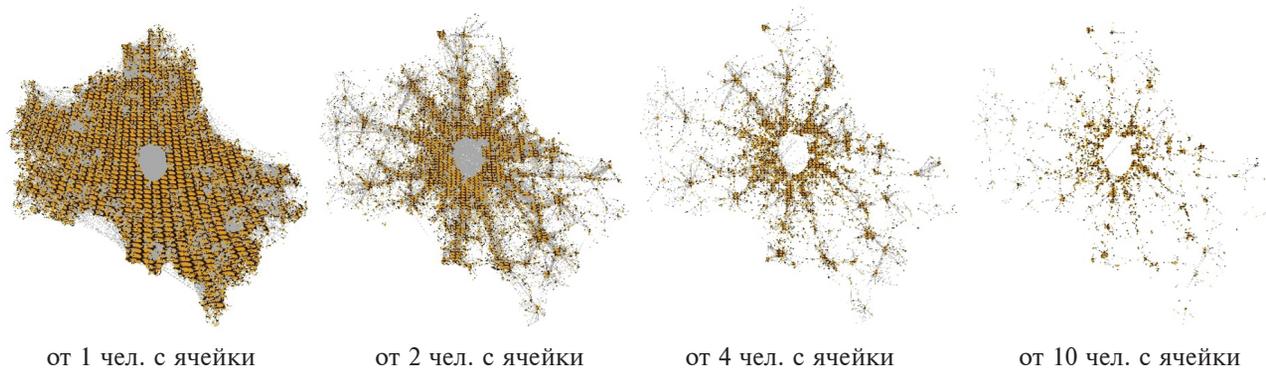


Рис. 1. Изменение общего вида графов сети “дом–работа” для Московского региона при различных нижних границах потока (без учета влияния Москвы).

Построено авторами на основе данных сотовых операторов.

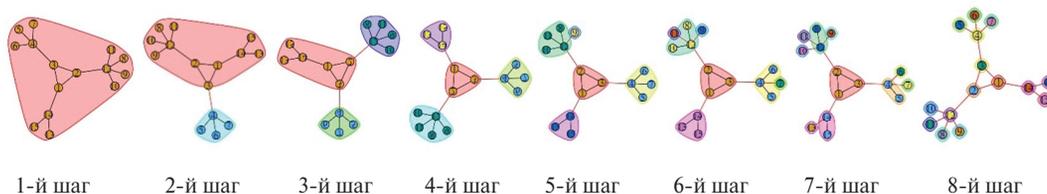
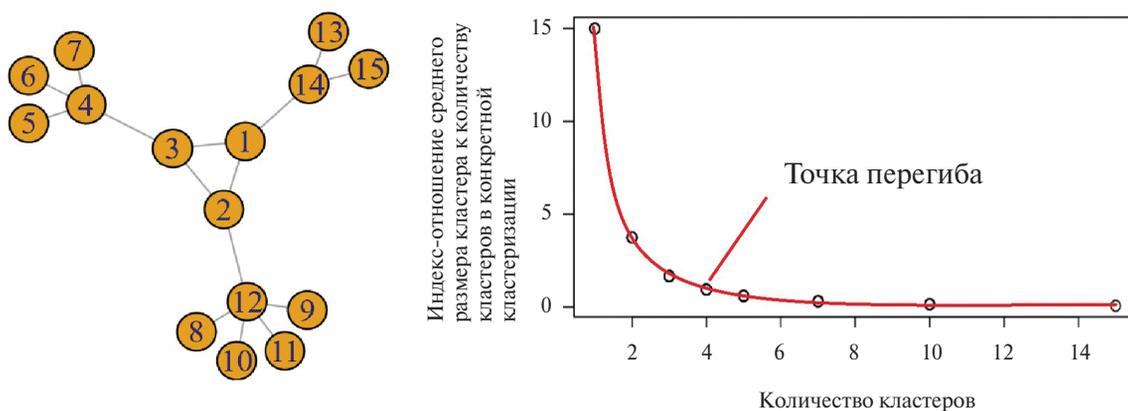


Рис. 2. Результаты кластеризации искусственной сети при различных входных значениях параметра разрешения. Построено авторами на основе симулированных данных.

ниях. Затем выбирается точка перегиба в качестве оптимального значения для итоговой кластеризации. В случае Московского региона точка перегиба соответствует количеству кластеров в 620 единиц, большая часть которых — “шумовые” образования в одну-две территориальные ячейки, не представляющие интереса. Следует отметить, что, поскольку у ряда кластеров значения модулярности могут не быть максимально возможными, может потребоваться проведение второго такта кластеризации.

На *третьем этапе* из состава кластеров были выделены агломерации второго порядка, мето-

дологические проблемы делимитации которых аналогичны тем, которые возникают при изучении агломераций как таковых. В целом выделяются три основных подхода к выделению и структуризации агломераций: транспортно-временная доступность ядра по изохронам транспортной доступности, единство контактирующих между собой густонаселенных территорий и объем маятниковых трудовых миграций (Антонов, Махрова, 2019). В данной работе на предыдущем этапе уже было проведено выделение различных структур расселения на территории Московского региона по интенсивности трудовых маятниковых миграций,

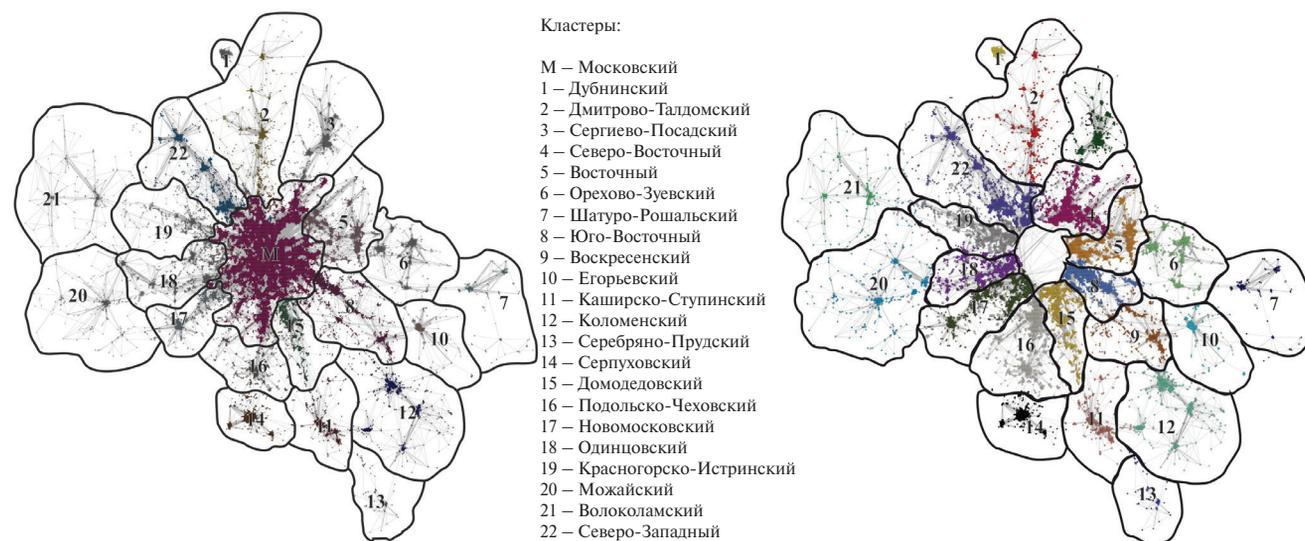


Рис. 3. Кластеризация сети расселения Московского региона с Москвой (слева) и без Москвы (справа). Построено авторами на основе данных сотовых операторов.

но не по их количественным значениям, как это делается в большинстве исследований (Махрова, Бабкин, 2018; Functional ..., 2011; и др.), а через построение серии графов “дом–работа”, т. е. задача определения границ потенциальных малых агломераций уже была решена.

Для выделения из состава кластеров агломераций второго порядка необходимо синхронизировать методику кластеризации с принятыми критериями делимитации агломераций. По аналогии с работой (Махрова, Перцик, 1988) авторами в качестве дополнительных фильтров были использованы критерии по численности населения ядра (от 50 тыс. чел.) и числу спутников (не менее 1). Такое решение позволило взглянуть на процесс развития агломераций второго порядка в ретроспективе, начиная с 1950-х годов.

В связи с тем, что в Московском регионе в течение постсоветского периода множество поселков городского типа по разным причинам были переведены в разряд сельских населенных пунктов при сохранении ими достаточно высокой численности населения и несельскохозяйственных функций (Махрова и др., 2008), в данной работе в качестве спутников учитывались не только города и поселки городского типа, но и сельские населенные пункты людностью более 3 тыс. человек³.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Очевидно, что огромная Москва, преобладающая по численности населения все населенные пункты Московской области вместе

взятые, оказывается главным магнитом, притягивающим потоки трудовых мигрантов со всей территории региона. При этом возникающие центры притяжения второго порядка оказываются как бы в ее тени, что требует проведения кластеризации в двух вариантах: с учетом и без учета влияния Москвы.

В обоих вариантах число выделенных образований практически одинаково: 21 кластер при учете МТМ с Москвой и 22 кластера без учета связей с Москвой. В обоих вариантах в рамках кластеров аккумулировалось 99% всех потоков компьютеров столичного региона, что говорит об их полном охвате. Разница в числе кластеров при заметных различиях в конфигурации границ этих образований связана с тем, что кластер, выделенный вокруг Воскресенска, в первом варианте включен в состав более крупного образования на юго-востоке области, который граничит с кластером, образуемым на базе Москвы (рис. 3а, б).

Естественно, что наиболее серьезно Москва деформирует кластеры, возникшие на основе прилегающих к ней населенных пунктов, образующих со столицей фактически единый рынок труда (Красногорск, Химки, Долгопрудный, Мытищи, Королёв, Балашиха, Люберцы и ряд других городов). Более удаленные кластеры (Волоколамский, Коломенский, Можайский и др.) в обоих вариантах будут практически идентичны по своей морфологии и функциональным связям.

Таким образом, огромная социально-экономическая гравитация Москвы сильно деформирует структуру связей в ближнем и среднем поясах пригородов, но практически не оказывает влияния на периферии, где взаимодействие со столицей уходит на второй план. Это хорошо

³ Аналогичный подход применялся при выделении городских агломераций Казахстана (Abilov et al., 2023).

отражает доля работающих в Москве, которая уменьшается с 20% на расстоянии 20 км до менее 5% на удалении в 80 км от МКАД (Махрова и др., 2016). Фактически, активность трудовых коммуникаций реализуется на двух этажах, когда на первом уровне доминируют мощные потоки в Москву, которые особенно активны на расстоянии 20–30 км от МКАД. При этом не менее значительные перемещения коммьютеров происходят вокруг населенных пунктов Московской области, которые формируют как бы второй, менее заметный, этаж.

Изъятие столицы из кластерного анализа выявляет, что пригородная зона приобретает сложную структуру с множеством весьма крупных локальных ядер не только на периферии области. При этом однородная, на первый взгляд, ближне- и среднеудаленная субурбия становится полицентрическим фронтиром шириной около 20–30 км между ядром (Москвой в границах МКАД) и периферией столичной агломерации. Именно здесь наблюдаются одновременно и значительные потоки МТМ в Москву, и формирование ядер притяжения на базе крупнейших подмосковных городов с развитой экономикой и сферой услуг, включающих ТРЦ, промышленные предприятия, логистические комплексы, офисы некоторых крупных компаний и многое другое.

Несмотря на то, что выявленные кластеры полностью покрыли населенную часть столичного региона, высокие значения модулярности значительной части полученных кластеров (до 0.7 в наиболее крупных из них)⁴ потребовали проведения еще одной кластеризации, в результате которой было выделено почти 60 подкластеров.

Детальное рассмотрение полученных подкластеров показало, что в части из них численность населения центральных городов составляет менее 50 тыс. чел. (например, Апрелевка, Руза, Луховицы, Можайск и др.). В окружении других центров (например, Бронницы, Волоколамск, Черноголовка и др.) значимых поселений-спутников не оказалось, что не позволило выделить на их основе агломерации. Похожая ситуация наблюдается для центров, которые увеличили территорию, включив в границу своей черты бывшие населенные пункты – спутники, но не успели сформировать новые (например, Домодедово, Химки). В результате отсева большей части подкластеров можно констатировать, что лишь 25 из них соответствуют критериям агломераций второго порядка (рис. 4).

Отдельного внимания заслуживает *Троицко-Новомосковский кластер*, вытянутый на 20 км вдоль Калужского шоссе. Формально, городской

статус Троицка и Московского и достигнутая ими численность населения, а также множество крупных населенных пунктов в их окружении позволяют выделить еще одну агломерацию второго порядка. Однако как результат более чем десятилетнего периода развития в составе столицы в настоящее время идет активная интеграция этой территории Москвой, поддерживаемая единой транспортной и социальной инфраструктурой. Это уже привело к тому, что муниципалитеты, граничащие с МКАД, куда пришло метро, неотличимы от периферийных районов столицы (Argenbright et al., 2020).

Можно предположить, что при условии реализации планов по строительству второй части Троицкой ветки метро в ближайшее десятилетие весь этот кластер будет развиваться как обычные районы Москвы с подцентрами в Коммунарке, Московском, Мосрентгене, Троицке и ряде других мест. Фактически, если учитывать, что Москве в среднем нужно около 25 лет для интеграции присоединенных территорий, эта часть Новой Москвы находится на половине пути (Argenbright et al., 2020). Хотя в настоящее время она еще не полностью “переварена” Москвой, как это уже случилось, например, с бывшим городом Солнцево, тем не менее уже настолько интегрирована, что рассматривать эту территорию как малую агломерацию не представляется целесообразным.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Очевидно, что образование второго яруса агломераций в столичном регионе – явление далеко не новое. Первые восемь образований такого типа появились уже к концу 1950-х годов, когда население Москвы превысило пятимиллионный рубеж, а среди ее городов-спутников впервые появились стотысячники (Махрова, Трифонов, 1990). Основная часть этих агломераций выросла в ближайшем окружении столицы вокруг ее крупнейших городов-спутников, а ряд других ранее самостоятельных образований перешли в эту категорию за счет расширения границ Московской агломерации.

К концу следующего десятилетия количество агломераций второго порядка удвоилось, достигнув 16, а к 1985 г. их число выросло до 21. При этом в течение рассматриваемого периода три агломерации (Кунцевская, Люблинская, Тушинская) выбыли из их числа в результате масштабного расширения территории Москвы в 1960 г., а две другие (Перовско-Люберецкая, Бабушкинско-Мытищинская) значительно изменили свой состав, так как их головные участки также были поглощены столицей. Однако

⁴ Модулярность близкая к нулю означает достижение предела кластеризации, а к единице – необходимость проведения второй итерации кластеризации.

АГЛОМЕРАЦИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА

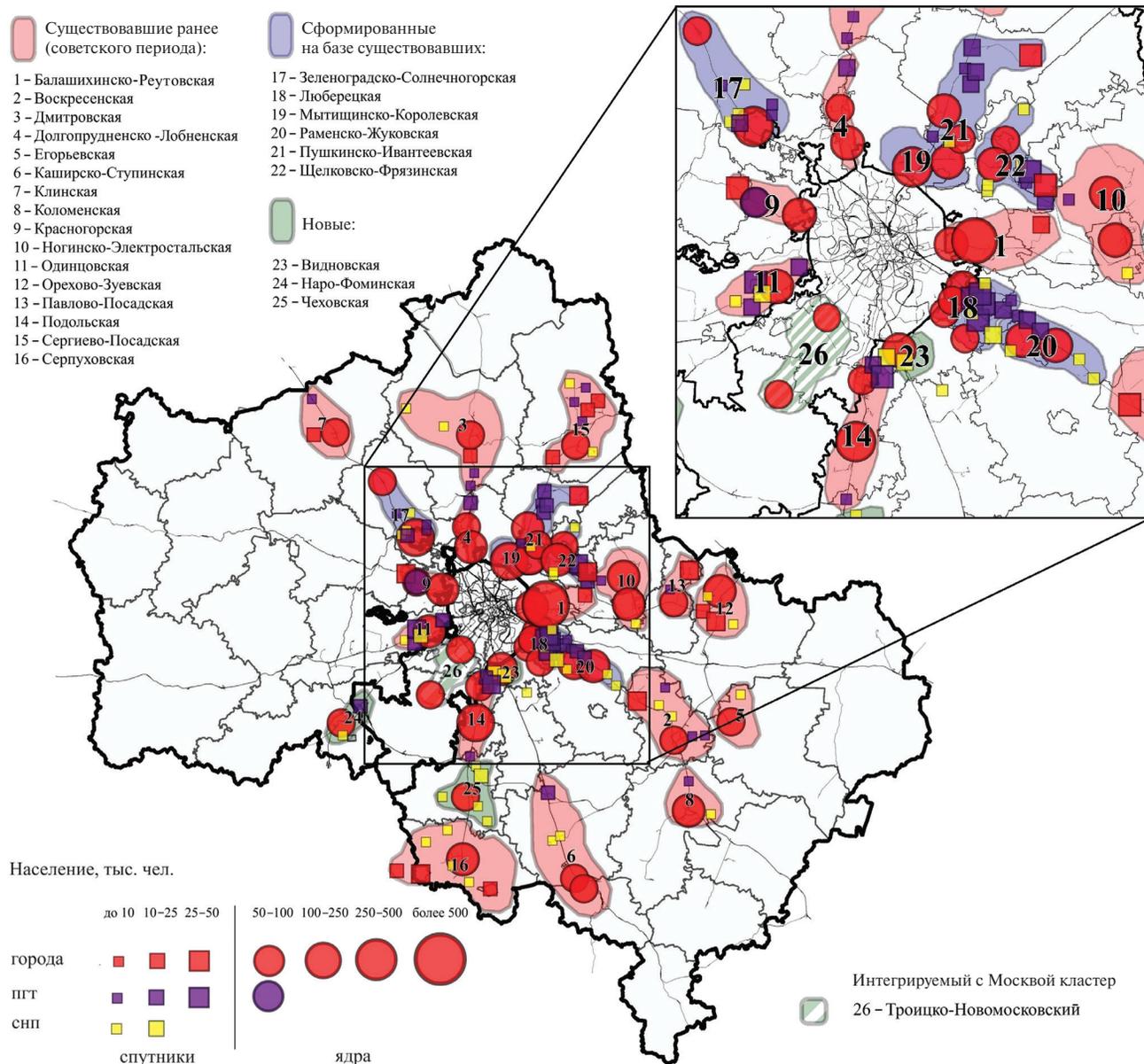


Рис. 4. Агломерации второго порядка в Московском регионе, 2023 г.
Составлено на основе расчетов авторов.

все эти изменения с лихвой были перекрыты образованием новых агломераций, в том числе за пределами Московской области, поскольку к этому времени по отдельным направлениям столичная агломерация вышла за ее границы (Махрова, Трифонов, 1990).

Таким образом, большая часть (16 из 25) выделенных по состоянию на 2023 г. агломераций второго порядка сформировалась еще в советский период. Остальные девять новых агломераций представляют собой результат трансформации старых советских агломераций или, действительно, новые расселенческие структуры, образованные в ходе развития урбанизационных процессов внут-

ри большой Московской агломерации⁵. Можно констатировать, что в постсоветский период процесс формирования новых агломераций второго порядка продолжился, хотя и небольшими темпами, что, впрочем, было характерно уже и для последних десятилетий советского времени (табл. 1).

Большая часть новых агломераций (6 из 9) возникла в результате изменений систем, которые возникли еще в советское время. Как и десятилетиями раньше, эти процессы проходили в зоне ближних пригородов, которая представ-

⁵ Понятно, что из-за отсутствия данных за рамками данного исследования остался процесс развития агломераций второго порядка за границами Московской области, хотя несомненное наличие двух из них – Александровской и Обнинской – увеличивает их общее количество в Московской агломерации, по крайней мере, до 27.

Таблица 1. Динамика развития агломераций второго порядка

Показатель	1959 г.	1970 г.	1979 г.	1985 г.	2023 г.
Количество агломераций второго порядка, ед.	8	16	19	21*	25
Число городских населенных пунктов, входящих в их состав, ед.	55	85	92	131*	97
из них городов, ед.	30	44	47	54*	54
Численность городского населения, тыс. чел.	1935.9	2982.7	3919.6	4593.7*	5843.0
Доля городских спутников в населении агломераций, %	42.7	28.2	24.3	27.8*	14.7

Примечание: * с учетом Александровской и Обнинской агломераций.
Составлено по расчетам авторов по данным официальной статистики.

ляет собой наиболее урбанизированную часть территории, с наиболее густой и быстро растущей сетью городского расселения (особенно на востоке).

Как продолжение ранее происходивших изменений Люберецко-Раменская агломерация, в свою очередь возникшая на базе Перовско-Люберецкой агломерации, разделилась на две: *Люберецкую* и *Раменско-Жуковскую* с мощными центрами и развитыми пригородными зонами в каждой из них. При этом в состав пригородной зоны Люберецкой агломерации входят три города людностью более 50 тыс. чел. (Дзержинский, Котельники, Лыткарино), которые также соответствуют критериям людности ядра, хотя и второстепенного значения по сравнению с Люберцами. Кроме того, своей людностью, превышающей 25 тыс. чел., выделяется и ряд пгт (Томилино, Красково, Малаховка, Октябрьский). Все это позволяет предположить, что эта территория, как и многие другие в зоне ближних пригородов, за счет уплотнения сети расселения вследствие концентрации населения и экономики, выплеска московского капитала обладает значимым заделом для образований новых малых агломераций путем разделения существующих.

Еще более масштабные изменения претерпела Мытищинско-Королёвско⁶-Щёлковская агломерация. Возникнув на остатках Бабушкинско-Мытищинской агломерации, она распалась на три новых образования, одно из которых сформировалось вокруг *Королёва* и *Мытищ*, второе – вокруг *Щёлково* и *Фрязино*, а третье – вокруг *Пушкино* и *Ивантеевки*. При этом два последних имеют развитые пригородные зоны с многочисленными спутниками с большой численностью населения, т.е. и здесь есть потенциал для выделения из их состава новых малых агломераций в перспективе. Следует отметить, что Фрязино, как и Пушкино с Ивантеевкой, ранее были спутниками, однако из-за роста своего социально-экономического

и демографического потенциала смогли стать ядрами новых агломераций второго порядка.

В результате распада Химкинско-Зеленоградской агломерации появилась *Зеленоградско-Солнечногорская агломерация* с мощной пригородной зоной, в которую как второй центр входит и Солнечногорск. Усиление его спальных функций в постсоветский период стимулировало увеличение потоков коммьютеров как в Москву, так и в Зеленоград, приведя к усилению связей с Зеленоградом. При этом Химки, которые в середине 1980-х годов входили в состав Химкинско-Зеленоградской агломерации, стали развиваться как *окраинный город*, превратившись в один из самых экономически успешных городов Подмосковья с самодостаточным рынком труда, развитой сферой услуг и развлечений (Golubchikov et al., 2011).

Еще три агломерации второго порядка вокруг *Видного*, *Наро-Фоминска* и *Чехова* сформировались, по выражению Г.М. Лаппо (1997), “от города”, когда центр по мере роста своего потенциала обрастает спутниками. При этом если в пригородной зоне Видного и Наро-Фоминска расположено всего два поселения-спутника, то в зону влияния Чехова их входит шесть, хотя все они и представлены сельскими населенными пунктами.

Если обратить внимание на старые советские агломерации, то половина из них (8 из 16) расположена на периферии области (см. рис. 4). В течение постсоветского периода во всех них (кроме Воскресенской) население депопулировало, включая Каширу, которую не спасло даже включение в ее состав г. Ожерелья. Лишь в последнее десятилетие как результат активной реиндустриализации при подпитке миграцией их население остается практически стабильным при разнонаправленных знаках прироста в отдельные годы.

В целом состав пригородных зон этих агломераций заметных изменений не претерпел. Однако в ряде из них она существенно пополнилась за счет новых поселков городского типа и даже городов (например, г. Пересвет вблизи Сергиева

⁶ Королёв до 1996 г. носил название Калининград.

Посада), а также сельских населенных пунктов, в которых из-за прихода крупных предприятий заметно выросло население [например, машиностроительный завод “Тонар” в д. Губино (3,4 тыс. чел.) Орехово-Зуевского округа].

Еще три агломерации из числа образованных в советское время локализованы в срединной и частично ближней зоне: *Ногинско-Электростальская*, *Дмитровская* и *Подольская* (см. рис. 4). Кроме Подольска, который в 2015 г. поглотил г. Климовск и пгт Львовский, ядра двух других агломераций по сравнению с концом советского периода сократили население. Несмотря на значительные изменения, связанные с поглощением одних городских населенных пунктов и появлением других, степень развитости пригородных зон увеличилась за счет новых пгт и крупных сел.

Отдельное внимание стоит обратить на Щербинку, включенную в состав Москвы в ходе расширения 2012 г. Именно получение статуса столичной территории привело к двукратному росту ее населения (с 33 до 64 тыс. чел. в 2012–2023 гг.) и становлению в качестве второго ядра Подольской агломерации. При этом идущий процесс ее интеграции с Москвой позволяет предположить, что через некоторое время Подольская агломерация может лишиться своего головного участка, как это уже происходило ранее с другими агломерациями второго порядка в Московской агломерации.

В зоне ближних пригородов сохранилось четыре малых агломерации: *Балашихинско-Реутовская*, *Долгопрудненско-Лобненская*, *Красногорская* и *Одинцовская*. Здесь наблюдались заметные изменения состава, сопровождаемые существенным ростом населения. В первую очередь это связано с процессом слияния и поглощения одних населенных пунктов другими в результате административно-территориальных преобразований. Ярким тому примером служит Балашихинско-Реутовский кластер. После объединения Железнодорожного с Балашихой агломерация из полицентричной превратилась в бицентричную, в которой одно из ядер (Реутов) при численности населения свыше 100 тыс. чел. почти в 5 раз уступает другому. При этом Электроугли и пгт им. Воровского почти одинаковой людности (соответственно 17 и 16 тыс. чел.) выделились в отдельный кластер: в них интенсивность трудовых маятниковых миграций между собой и с Москвой выше, чем с Балашихой. Одновременно Купавна вошла в состав Железнодорожного, а затем вместе с ним была включена в Балашиху. Таким образом, пригородная зона этой агломерации представлена только Старой Купавной с населением 23 тыс. чел.

Изменения в составе Красногорской агломерации связаны с включением в 1990 г.

пгт Новобратцевский в состав Москвы. Кроме того, из-за роста своего населения Нахабино (55 тыс. чел.), несмотря на статус поселка городского типа, может рассматриваться как второе ядро, но из-за разницы в численности населения в 4 раза, оно сильно уступает Красногорску по своей значимости.

В Одинцовской агломерации пригородная зона стала намного более развитой за счет новых пгт (Новоивановское, Лесной городок, Власиха) и крупных сел (п. ВНИИССОК и с. Жаворонки), хотя Голицыно (город с 2004 г.) стал развиваться как самостоятельный центр.

Долгопрудненско-Лобненская агломерация практически не изменила свой состав, хотя и существенно увеличила население и трансформировала свою экономику, а также объемы и направления маятниковых миграций. Важно отметить, что здесь, как и в других агломерациях, на изменение интенсивности потоков маятниковых мигрантов повлияло появление скоростных электричек, запуск в 2019 г. МЦД-1 и открытие в 2023 г. станции метро “Физтех” в пешеходной доступности от Долгопрудного, что усилило связность с Москвой, а также со всеми другими центрами вдоль всего диаметра. При этом происходит заметное ослабление связности с населенными пунктами, не охваченными этими изменениями, что видно на примере пгт Некрасовский, который начинает выпадать из зоны притяжения Лобни, имея все перспективы выхода и из состава агломерации.

В целом, в агломерациях второго порядка в столичном регионе параллельно наблюдаются два заметных и отчасти противоречивых процесса: опережающий рост ядер и расширение пригородных зон за счет крупных сельских населенных пунктов. Первый процесс объясняется одновременно как реальным ростом населения крупнейших городских центров за счет активного жилищного строительства и притока мигрантов на постоянное место жительства, так и административно-территориальными преобразованиями, охватившими столичный регион в последние десятилетия и приведшими к поглощению крупнейшими городами многих окрестных населенных пунктов, в том числе ряда значительных городов, являвшихся их пригородами (Бабкин, Махрова, 2023). Таким образом растворились в ядре тридцатитысячный Юбилейный (в составе Королева), десятитысячники Ожерелье (в составе Каширы), Львовский (в составе Подольска), Купавна (в составе Балашихи) и многие другие населенные пункты. Все это привело к сокращению числа городских населенных пунктов в составе агломераций второго порядка (при росте численности городского населения в них),

а также к двухкратному падению доли городских спутников в населении агломераций (с 27.8% в середине 1980-х годов до 14.7% в 2023 г.) (см. табл. 1).

Одновременно с этим в агломерациях ближнего к Москве пояса наблюдается пополнение состава пригородных зон быстро растущими сельскими населенными пунктами, обладающими скорее чертами городов (многоэтажная застройка, наличие регулярного тактового транспортного сообщения со своим ядром или Москвой). Яркими примерами таких сел-микрорайонов выступают 15-тысячные Сапроново (Видновская агломерация), Островцы (Люберецкая агломерация), поселок ВНИИССОК (Одинцовская агломерация). При этом в некоторых случаях быстрорастущие села (например, Лопатино и Бутово в Видновской агломерации) оперативно наделяются статусом поселков городского типа. Второй вариант появления крупных сельских населенных пунктов в пригородных зонах — реиндустриализация поселков городского типа. Этот сценарий чаще встречается в более удаленных от Москвы агломерациях и характерен для депопулирующих рабочих поселков. Примерами здесь могут выступать Шувое⁷ (Егорьевская агломерация) или Пролетарский (Серпуховская агломерация).

Таким образом, анализ агломераций второго порядка Московского региона показывает, что динамизм и быстрые трансформации в расселении здесь статистически несколько ретушируются и при поверхностном рассмотрении могут ускользнуть от исследователя. Однако при более детальном рассмотрении они отчетливо выявляются при помощи применяемого авторами исследовательского подхода.

ВЫВОДЫ

Пригородная зона такой крупнейшей агломерации, как Московская, изобилует различными по своей конфигурации, морфологии и функциям структурами расселения. С одной стороны, они носят свойства, унаследованные от предыдущих периодов развития, с другой — постепенно насыщаются новыми под воздействием таких факторов, как терциализации экономики, дачная субурбанизация, появление новых форматов работы и досуга. Несмотря на смену факторов, определяющих морфологию и функциональную организацию пространства, основным индикатором связности территорий и ключевым параметром анализа расселения по-прежнему служат *объемы и направленность потоков комьютеров*.

В этом контексте данные операторов сотовой связи о перемещениях абонентов между домом и работой показали себя достаточно надежным источником информации, который может быть использован и для выделения агломераций второго порядка. При этом использованный авторами *методический подход, базирующийся на анализе серии графов “дом–работа”* (с учетом и без учета влияния Москвы) и их последующей кластеризации с использованием машинных алгоритмов, позволил отойти от сложившихся представлений и стереотипов, дав более точное представление о перечне и составе малых агломераций.

В течение постсоветского периода в Московском регионе появилось всего 9 новых агломераций второго порядка как результат замедления процесса их формирования, который был уже замечен в последние десятилетия советского времени. Как и десятилетиями раньше, наиболее активно эти процессы проходили в зоне ближних пригородов, которая представляет собой территорию с очень густой и быстро растущей сетью городского расселения (особенно на востоке). Их большая часть возникла на базе ранее существовавших агломераций второго порядка, когда некоторые из подобных образований со сложной структурой, представленной несколькими центрами с их зонами притяжения, разделились на несколько отдельных агломераций.

При этом и *новые агломерации, и почти все агломерации, возникшие в советское время, усложнили свои пригородные зоны*, в которых появились не только новые поселки городского типа, но и крупные села, часть из которых получила развитие в силу жилищного освоения ближнего Подмосковья, а другая — вследствие процесса реиндустриализации удаленных от столицы населенных пунктов. Наиболее важным фактором их появления стало уплотнение сети расселения, связанное с тем, что пригородная зона Московской агломерации притягивает население и бизнес, ориентированные на близость к столице.

Свою роль играют и административно-территориальные преобразования, когда слияние/поглощение одних городов и поселков другими со временем начинает отражаться и на направлениях потоков маятниковых трудовых миграций, и на составе агломераций. Уже к настоящему времени начинают проявляться результаты расширения Москвы, что особенно заметно на примере Троицко-Новомосковского образования. Свое влияние оказывает и политика подмосковных властей по включению окружения в состав городов. Одно из следствий *укрупнения населенных пунктов — искусственное завышение роли ядер агломераций второго порядка* (яркие примеры — выросшие за счет включения в них соседних

⁷ Ранее пгт Красный Ткач.

поселений Подольск или Балашиха), в результате чего доля городских спутников в численности населения агломераций с конца 1980-х годов сократилась вдвое с 27.8 до 14.7%.

Тенденция уплотнения сети расселения, особенно в зоне ближних пригородов, и появление новых ядер позволяет ожидать формирования в обозримом будущем новых агломераций второго порядка, прежде всего, как это было и раньше, в результате фрагментации существующих агломерационных структур. Главным претендентом на перспективное разделение можно считать Люберецкую агломерацию с ее четырьмя ядрами.

В целом, тематика изучения агломераций второго порядка – крайне недооценена в современной российской науке. При этом внимательное отношение к проблематике образования, становления и развития малых агломераций в пространстве Московского региона может выступать теоретической рамкой для формирования подходов к полицентрическому развитию системы расселения в целом. Полицентрическое развитие актуально для оптимизации транспортных потоков, приближения мест приложения труда к местам проживания населения, улучшения планировочной связности территорий. В этом контексте агломерации второго порядка могут позиционироваться в качестве альтернативных центров системы расселения и как один из вариантов компромиссного развития населенных пунктов различных типов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Разделы “Постановка проблемы” и “Результаты исследования” выполнены Р.А. Бабкиным за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-18-00180 “Поливариантность детерминант и трендов экономической динамики муниципальных образований России: концептуализация, идентификация и типологизация в интересах государственного регулирования пространственного развития”) в Институте народнохозяйственного прогнозирования РАН. Раздел “Данные и методика исследования” написан А.Н. Березняцким в рамках НИР ЦЭМИ РАН “Математическое и эконометрическое моделирование структуры, сложности и человеческого потенциала экономики, ориентированное на реализацию приоритетных направлений социально-экономического развития”. Раздел “Обсуждение результатов” написан А.Г. Махровой в рамках госбюджетной темы НИР географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова № 1.17 “Современная динамика и факторы социально-

экономического развития регионов и городов России и стран Ближнего Зарубежья”.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Департаменту информационных технологий правительства г. Москвы за возможность использовать предоставленные им данные о передвижениях абонентов сотовой связи для написания данной работы.

FUNDING

The sections “Formulation of the Problem” and “Research Results” made by R.A. Babkin was supported by the Russian Science Foundation (grant no. 23-18-00180 “Polyvariance of Determinants and Trends in the Economic Dynamics of Municipalities in Russia: Conceptualization, Identification, and Typology in the Interests of State Regulation of Spatial Development”) at the Institute of National Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences. The section “Research Data and Methodology” was written by A.N. Bereznyatsky within the state budget research topic of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences “Mathematical and Econometric Modeling of the Structure, Complexity and Human Potential of the Economy, Focused on the Implementation of Priority Areas of Socio-Economic Development”. The section “Discussion” was written by A.G. Makhrova within the framework of the state budget research topic of the Faculty of Geography of Moscow State University № 1.17 “Modern Dynamics and Factors of Socio-Economic Development of Regions and Cities of Russia and the Countries of the Near Abroad.”

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Department of Information Technologies of the Moscow Government for providing mobile operators’ data.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антонов Е.В., Махрова А.Г.* Крупнейшие городские агломерации и формы расселения над-агломерационного уровня в России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 4. С. 31–45.
<https://doi.org/10.31857/S2587-55662019431-45>
- Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В.* Классификация многомерных наблюдений. М.: Статистика, 1974. 240 с.
- Бабкин Р.А., Махрова А.Г.* Объединенные города Московской области: результат эволюционного развития или административных преобразований // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2023. Т. 78. № 6. С. 38–49.

- Бабкин Р.А.* Пространственная структура Московской метрополии // Федерализм: Теория. Практика. История. 2024. Т. 29. № 2. С. 110–130.
- Бабурин В.Л., Битюкова В.Р., Казьмин М.А., Махрова А.Г.* Московский столичный регион на рубеже веков: новейшая история и пути развития. Смоленск: Ойкумена, 2003. 184 с.
- Вопросы географии. Сб. 131: Московский столичный регион. М.: Мысль, 1988. 222 с.
- Горячко М.Д.* Промышленные функции городских округов Московской области на современном этапе // Геоурбанистика и градостроительство: теоретические и прикладные исследования. М., 2021. С. 270–292.
- Зайончковская Ж.А., Иоффе Г.В.* Динамика расселения в Московском регионе как отражение постсоветских трансформаций // Вопросы географии. 2013. № 135. С. 188–223.
- Колодин А.В.* Городские агломерации второго порядка как фактор экономического развития региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. Т. 8. № 31 (172). С. 28–37.
- Куричев Н.К., Куричева Е.К.* Пространственная структура жилищного строительства в Московской агломерации: радиально-секторальная дифференциация // Вестн. Санкт-Петербург. ун-та. Науки о Земле. 2020. Т. 65. № 1. С. 74–95.
- Лаппо Г.М.* Города на пути в будущее. М.: Мысль, 1987. 236 с.
- Лаппо Г.М.* Тенденции развития расселения в Московском районе // Вопросы географии. 1971. № 87. С. 89–102.
- Лаппо Г.М.* География городов. М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 1997. 480 с.
- Лейзерович Е.Е.* Экономические микрорайоны России (сетка и типология). М.: Трилобит, 2004. 128 с.
- Листенгурт Ф.М., Наймарк Н.И.* Прогноз формирования и развития сети городских поселений и систем расселения в ЦЭР // География производительных сил Центральной России. М.: МФГО СССР, 1971. С. 113–121.
- Лола А.М.* Основы градоведения и теории города (в российской интерпретации). М.: Комкнига, 2005. 324 с.
- Маергойз И.М.* Территориальная структура хозяйства. Новосибирск: Наука, 1986. 300 с.
- Макушин М.А., Горячко М.Д.* Географические закономерности развития рынка складской недвижимости в Московской агломерации // Региональные исследования. 2022. № 1. С. 17–30.
- Махрова А.Г., Бабкин Р.А.* Методические подходы к делимитации границ Московской агломерации на основе данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2019. № 2 (64). С. 48–57.
<https://doi.org/10.5922/1994-5280-2019-2-5>
- Махрова А.Г., Кириллов П.Л., Бочкарев А.Н.* Маятниковые трудовые миграции населения в Московской агломерации: опыт оценок потоков с использованием данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2016. № 3 (53). С. 71–82.
- Махрова А.Г., Нефедова Т.Н., Трейвиш А.И.* Московская область сегодня и завтра: тенденции и перспективы пространственного развития. М.: Новый хронограф, 2008. 344 с.
- Махрова А.Г., Нефедова Т.Н., Трейвиш А.И.* Московская область: территориальная структура постсоветских трансформаций // Изв. РАН. Сер. геогр. 2023. Т. 87. № 8. С. 1207–1223.
- Махрова А.Г., Перцик Е.Н.* Агломерации второго порядка Московского столичного региона (типологический анализ) // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. М., 1988. № 6. С. 3–9.
- Махрова А.Г., Трифионов А.А.* Некоторые черты развития урбанизационных процессов в Московском регионе // Русский город. Вып. 9. М., 1990. С. 40–74.
- Милиц А.А.* Подмосковье. М.: Географическая литература, 1961. 303 с.
- Мкртчян Н.В.* Роль Московского столичного региона как крупнейшего центра внутрироссийской миграции // Науч. тр.: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2019. Т. 17. С. 252–268.
- Московский столичный регион: территориальная структура и природная среда (опыт географического исследования) / под ред. Г.М. Лаппо, Г.А. Гольца, А.И. Трейвиша. М.: ИГ АН СССР, 1988. 320 с.
- Нежданов В.А.* Развитие Обнинской агломерации второго порядка в процессе пространственной диффузии инноваций // Научный результат. Социология и управление. 2024. Т. 10. № 2. С. 69–80.
- Нефедова Т.Г.* Сельское хозяйство и сельская местность Московской области до и после образования Новой Москвы // Региональные исследования. 2017. № 4 (58). С. 71–80.
- Перцик Е.Н., Махрова А.Г.* Агломерации второго порядка в Московском столичном регионе: развитие, границы, взаимосвязи // Вопросы географии. Сб. 131: Московский столичный регион. М.: Мысль, 1988. С. 56–63.
- Саушкин Ю.Г., Глушкова В.Г.* Москва среди городов мира. Экономико-географическое исследование. М.: Мысль, 1983. 285 с.
- Симагин Ю.А.* Современный этап субурбанизации в Московском столичном регионе. М.: НИЦ “Геовектор”, 1997. 96 с.
- Смирнягин Л.В.* Агломерация: за и против // Городской альманах. 2008. Т. 3. С. 152–168.
- Хаггет П.* География: синтез современных знаний. М.: Прогресс, 1979. 689 с.
- Шитова Ю.Ю.* Маятниковая трудовая миграция в Подмосковье: комплексный социально-экономический анализ. Саранск: изд-во Мордовского ун-та, 2009. 185 с.

- Abilov A.Z., Makhrova A.G., Safronov S.G. The Latest History of the Development of Kazakhstan's Urban Agglomerations // Reg. Res. of Rus. 2023. Vol. 13. № 2. P. 316–327.
- Argenbright R., Bityukova V.R., Kirillov P.L., Makhrova A.G., Nefedova T.G. Directed suburbanization in a changing context: “New Moscow” today // Eurasian Geography and Economics. 2020. Vol. 61. № 3. P. 211–239.
<https://doi.org/10.1080/15387216.2019.1707700>
- Blondel V.D., Guillaume J.-L., Lambiotte R., Lefebvre E. Fast Unfolding of Communities in Large Networks // J. of Statistical Mechanics Theory and Experiment. 2008. № 10. P. 1–12.
<https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Brade I., Makhrova A., Nefedova T. Suburbanization of Moscow's Urban Region. Confronting Suburbanization. In: Urban Decentralization in Postsocialist Central and Eastern Europe / K. Stanilov and L. Sykora (Eds.). Chichester: Wiley-Blackwell, 2014. P. 97–132.
- Functional urban areas by country. 2011 // OECD.
<http://www.oecd.org/cfe/regional-policy/functionalurbanareasbycountry.htm> (дата обращения 12.05.2024).
- Golubchikov O., Phelps N.A., Makhrova A. Khimki in Moscow City-region: From “Closed City” to “Edge City”? NY: Palgrave Macmillan, 2011. P. 143–162.
https://doi.org/10.1057/9780230308626_8
- Luke D.A. User's Guide to Network Analysis. R. Springer, 2015. 250 p.
- Ostroumova L.P., Pralat P., Raigorodskii A. Modularity of complex networks models. Internet Mathematics, 2017. P. 1–23.
<https://doi.org/10.24166/im.12.2017>
- Miasnikof P., Shestopaloff A.Y., Raigorodskii A. Statistical power, accuracy, reproducibility and robustness of a graph clusterability test // Int. J. of Data Science and Analytics. 2023. № 15. P. 379–390.
<https://doi.org/10.1007/s41060-023-00389-6>
- Traag V.A., Waltman L., van Eck N.J. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities // Scientific Reports. 2019. № 9. P. 1–12.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-41695-z>

The Second-Order Agglomerations in the Moscow Region: Trends in the Post-Soviet Period

R. A. Babkin^{a, b, *}, A. N. Bereznyatsky^{c, **}, and A. G. Makhrova^{d, ***}

^a*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia*

^b*Research Institute of Labor of the Ministry of Labor of Russia, Moscow, Russia*

^c*Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^d*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

**e-mail: babkin_ra@mail.ru*

***e-mail: artandtech@yandex.ru*

****e-mail: almah@mail.ru*

The trends of second-order urban agglomerations in the Moscow region in the post-Soviet period is analyzed in the paper based on mobile operators' data on commuting labour migration in 2023. Their delimitation was carried out using a graphoanalytical approach, which had not previously been used to study settlement network systems. The author's methodology included the development of a set of graphs and their processing using the Leiden clustering algorithm (taking into account and without taking into account the influence of Moscow). The resulting clusters were examined as possible second-order urban agglomerations. Twenty-five small urban agglomerations were identified, sixteen of which originated in the Soviet period. In the course of the post-socialist transformation of social and economic life, a large-scale influx of migrants and mass housing construction in the area of the near and medium-remote suburbs of the metropolitan urban agglomeration, a dynamic and multi-core frontier belt emerged, in which new ones second-order urban agglomerations appeared (Vidnovskaya, Chekhovskaya and Naro-Fominskaya) and many previously existing ones were segmented (Lyuberetsko-Ramenskaya, Khimki-Zelenogradskaya and Mytishchi-Korolevsko-Shchelkovskaya). The rapid growth of nuclei occurred in them both as a result of migration growth and due to the entry of satellite settlements network into their composition as a consequence of administrative and territorial transformations. In turn, many cities that were not absorbed grew up and formed secondary cores, laying the foundation for further division of small urban agglomerations (for example, Lyubertsкая). In the urban agglomerations located on the periphery, the vast majority of which were formed during the Soviet era, it was only in recent years that the cores stopped reducing the population. At the same time, the role of large rural settlements network and workers' settlements network has significantly increased, currently forming the spatial framework of suburban areas

of most urban agglomerations. Thus, the analysis not only revealed the trends of this underestimated tier of the settlement network system, but also lays the theoretical foundation for the practical implementation of the principles of polycentric spatial development of the Moscow urban agglomeration.

Keywords: settlement network, Moscow urban agglomeration, small urban agglomerations, mobile operator's data, commuting labour migration, graphs, Leiden algorithm

REFERENCES

- Abilov A.Z., Makhrova A.G., Safronov S.G. The latest history of the development of Kazakhstan's urban agglomerations. *Reg. Res. Russ.*, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 316–327.
- Antonov E.V., Makhrova A.G. Largest urban agglomerations and Super-agglomerations in Russia. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 4, pp. 31–45. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2587-55662019431-45>
- Aivazyan S.A., Bezhaeva Z.I., Staroverov O.V. *Klassifikatsiya mnogomernykh nablyudenii* [Classification of Multidimensional Observations]. Moscow: Statistika Publ., 1974. 240 p.
- Argenbright R., Bityukova V.R., Kirillov P.L., Makhrova A.G., Nefedova T.G. Directed suburbanization in a changing context: “New Moscow” today. *Eurasian Geogr. Econ.*, 2020, vol. 61, no. 3, pp. 211–239.
<https://doi.org/10.1080/15387216.2019.1707700>
- Babkin R.A., Makhrova A.G. United cities of the Moscow region: The result of evolutionary development or administrative transformations. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5: Geogr.*, 2023, vol. 78, no. 6, pp. 38–49. (In Russ.).
<https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.6.4>
- Babkin R.A. The spatial structure of the Moscow metropolitan. *Federalism: Teor. Prakt. Istor.*, 2024, vol. 29, no. 2, pp. 110–130. (In Russ.).
<https://doi.org/10.21686/2073-1051-2024-2-110-130>
- Baburin V.L., Bityukova V.R., Kazmin M.A., Makhrova A.G. *Moskovskii stolichnyi region na rubezhe vekov: noveishaya istoriya i puti razvitiya* [Moscow Metropolitan Region at the Turn of the Century: Recent History and Ways of Development]. Smolensk: Oikumena Publ., 2003. 184 p.
- Blondel V. D., Guillaume J.-L., Lambiotte R., Lefebvre E. Fast unfolding of communities in large networks. *J. Stat. Mech. Theor. Exp.*, 2008, no. 10, pp. 1–12.
<https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Brade I., Makhrova A., Nefedova T. Suburbanization of Moscow urban region. Confronting Suburbanization. In *Urban Decentralization in Postsocialist Central and Eastern Europe*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014, pp. 97–132.
- Functional urban areas by country*. OECD, 2011. Available at: <http://www.oecd.org/cfe/regional-policy/functionalurbanareasbycountry.html> (accessed: 12.05.2024).
- Golubchikov O., Phelps N.A., Makhrova A. Khimki in Moscow city-region: From “closed city” to “edge city”? In *International perspectives on suburbanization: a post-suburban world?* New York: Palgrave Macmillan, 2011, pp. 143–162.
https://doi.org/10.1057/9780230308626_8
- Goryachko M.D. Industrial functions of urban districts of the Moscow region at the present stage. In *Geourbanistika i gradostroitel'stvo: teoreticheskie i prikladnye issledovaniya* [Geourbanistics and Urban Planning: Theoretical and Applied Research]. Moscow, 2021, pp. 270–292. (In Russ.).
- Haggett P. *Geography: A Modern Synthesis*. Harper & Row, 1979. 627 p.
- Kolodin A.V. Second-order urban agglomerations as a factor in regional economic development. *Nats. Inter.: Prior. Bezopasn.*, 2012, vol. 8, no. 31, pp. 28–37. (In Russ.).
- Kurichev N.K., Kuricheva E.K. The spatial pattern of housing construction in the Moscow metropolitan area: Radial and sectoral differentiation. *Vestn. S.-Peterb. Univ. Nauki Zemle*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 74–95. (In Russ.).
- Lappo G.M. *Goroda na puti v budushchee* [Cities on the Road to the Future]. Moscow: Mysl' Publ., 1987. 256 p.
- Lappo G.M. Settlement development trends in the Moskovsky district. In *Voprosy geografii. Vyp. 87* [Problems of Geography. Vol. 87]. Moscow: Mysl' Publ., 1971, pp. 89–102. (In Russ.).
- Lappo G.M. *Geografiya gorodov* [Geography of Cities]. Moscow: VLADOS Publ., 1997. 480 p.
- Leizerovich E.E. *Ekonomicheskie mikrorajony Rossii (setka i tipologiya)* [Economic Microdistricts of Russia (Grid and Typology)]. Moscow: Trilobite Publ., 2004. 128 p.
- Listengurt F.M., Naymark N.I. Forecast of the formation and development of the network of urban settlements and settlement systems in the Central Economic Region. In *Geografiya proizvoditel'nykh sil Tsentral'noi Rossii* [Geography of the Productive Forces of Central Russia]. Moscow: MFGO USSR, 1971, pp. 113–121. (In Russ.).
- Lola A.M. *Osnovy gradovedeniya i teorii goroda (v rossiiskoi interpretatsii)* [Fundamentals of Urban Studies and the Theory of the City (In the Russian Interpretation)]. Moscow: Komkniga Publ, 2005. 324 p.
- Luke D.A. *User's Guide to Network Analysis*. R. Springer, 2015. 250 p.
- Maergoiz I.M. *Territorial'naya struktura khozyaistva* [Territorial Structure of the Economy]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1986. 300 p.
- Makushin M.A., Goryachko M.D. The Geographical patterns of the warehouse property market in the Moscow

- urban agglomeration. *Reg. Res. Russ.*, 2022, vol. 12, pp. 520–530.
<https://doi.org/10.1134/S2079970522700253>
- Makhrova A.G., Babkin R.A. Methodological approaches for Moscow urban agglomeration delimitation based on mobile operator data. *Reg. Issled.*, 2019, no. 2, pp. 48–57. (In Russ.).
<https://doi.org/10.5922/1994-5280-2019-2-5>
- Makhrova A.G., Kirillov P.L., Bochkarev A.N. Work commuting of the population in the Moscow agglomeration: Estimating commuting flows using mobile operator data. *Reg. Res. Russ.*, 2017, vol. 7, pp. 36–44.
<https://doi.org/10.1134/S2079970517010051>
- Makhrova A.G., Nefedova T.G., Treivish A.I. *Moskovskaya oblast' segodnya i zavtra: tendentsii i perspektivy prostranstvennogo razvitiya* [Moscow Region Today and Tomorrow: Trends and Prospects of Spatial Development]. Moscow: Novyi Khronograph Publ., 2008. 344 p.
- Makhrova A.G., Nefedova T.G., Treivish A. Moscow oblast: Territorial structure of post-Soviet transformations. *Reg. Res. Russ.*, 2023, vol. 13, pp. S25–S39.
<https://doi.org/10.1134/S207997052360021X>
- Makhrova A.G., Pertsik Y.N. Second-order agglomerations of the Moscow metropolitan region (typological analysis). *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5: Geogr.*, 1988, no. 6, pp. 3–9. (In Russ.).
- Makhrova A.G., Trifonov A.A. Some features of the development of urbanization processes in the Moscow region. *Russ. Gorod*, 1990, no. 9, pp. 40–74. (In Russ.).
- Miasnikof P., Shestopaloff A.Y., Raigorodskii A. Statistical power, accuracy, reproducibility and robustness of a graph clusterability test. *Int. J. Data Sci. Anal.*, 2023, no. 15, pp. 379–390.
<https://doi.org/10.1007/s41060-023-00389-6>
- Mints A.A. *Podmoskov'e* [Moscow Region]. Moscow: Geogr. Liter. Publ., 1961. 303 p.
- Mkrtchyan N.V. The role of the Moscow metropolitan region as the largest center of internal Russian migration. *Nauch. Tr. Inst. Narodnokhoz. Prognoz. RAN*, 2019, vol. 17, pp. 252–268. (In Russ.).
- Moskovskii stolichnyi region: territorial'naya struktura i prirodnyaya sreda. Opyt geograficheskogo issledovaniya* [Moscow Capital Region: Territorial Structure and the Natural Environment. Experience Geographical Research]. Lappo G.M., Gol'ts G.A., Treivish A.I., Eds. Moscow: Nauka Publ., 1988.
- Nezhdanov V.A. Development of the Obninsk agglomeration of the second order in the process of spatial diffusion of innovations. *Nauch. Rezul'tat. Sotsiol. Upravl.*, 2024, vol. 10, no. 2, pp. 69–80. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18413/2408-9338-2024-10-2-0-6>
- Nefedova T.G. Agriculture and countryside of the Moscow region before and after New Moscow. *Reg. Issled.*, 2017, no. 4, pp. 71–80. (In Russ.).
- Ostroumova L.P., Pralat P., Raigorodskii A. Modularity of complex networks models. *Internet Math.*, 2017, pp. 1–23.
<https://doi.org/10.24166/im.12.2017>
- Pertsik E.N., Makhrova A.G. Second-order agglomerations in the Moscow metropolitan area: development, borders, and relationships. In *Voprosy geografii. Vyp. 131* [Problems of Geography. Vol. 131]. Moscow: Mysl' Publ., 1988, pp. 56–63. (In Russ.).
- Saushkin Yu.G., Glushkova V.G. *Moskva sredi gorodov mira. Ekonomiko-geograficheskoe issledovanie* [Moscow Among the Cities of the World. Economic and Geographical Study]. Moscow: Mysl' Publ., 1983. 285 p.
- Simagin Yu.A. *Sovremennyi etap suburbanizatsii v Moskovskom stolichnom regione* [Current Stage of Suburbanization in the Moscow Capital Region]. Moscow: Issled. Tsentr "Geovector", 1997. 96 p.
- Smirnyagin L.V. Agglomeration: pros and cons. *Gorodsk. Al'manakh*, 2008, vol. 3, pp. 152–168. (In Russ.).
- Shitova Yu.Yu. *Mayatnikovaya trudovaya migratsiya v Podmoskov'e: kompleksnyi sotsial'no-ekonomicheskii analiz* [Pendulum Labor Migration in the Moscow Region: A Comprehensive Socio-economic Analysis]. Saransk: Izd-vo Mordov. Gos. Univ., 2009. 185 p.
- Traag V.A., Waltman L., van Eck N.J. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities. *Sci. Rep.*, 2019, no. 9, pp. 1–12.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-41695-z>
- Voprosy geografii. Vyp. 131* [Problems of Geography. Vol. 131]. Moscow: Mysl' Publ., 1988. 221 p.
- Zayonchkovskaya Zh.A., Ioffe G.V. Dynamics of settlement in the Moscow region as a reflection of post-Soviet transformations. In *Voprosy geografii. Vyp. 135* [Problems of Geography. Vol. 135]. Moscow: Mysl' Publ., 2013, pp. 188–223. (In Russ.).