

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

УДК 332.812; 528.946

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА МОНОГОРОДА НА ПРИМЕРЕ г. КИРОВСКА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

П.А. Барышкин¹, Н.А. Алексеенко²

^{1,2} *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики*

¹ *Аспирант; e-mail: petr.baryshkin@gmail.com*

² *Доц., канд. геогр. наук; e-mail: valtuz@mail.ru*

Статья посвящена крупномасштабному картографированию структуры застройки в целях исследования феномена городского сжатия, проявляющегося в депопуляции и структурной трансформации жилищного фонда. Актуальность работы обусловлена недостаточной изученностью внутригородской пространственной дифференциации процессов сжатия, особенно в экономико-географических условиях моногородов. Авторы ставят целью разработку алгоритма картографирования, подразумевающего использование данных дистанционного зондирования сверхвысокого пространственного разрешения (WorldView-2, GeoEye-1, Pleiades-1), статистическую информацию о жилищном фонде (автоматизированная информационная система публично-правовой компании «Фонд развития территорий» (АИС ППК «ФРТ»)), генеральные планы муниципальных образований, векторную основу OpenStreetMap и результаты полевых исследований. Данные верифицируются путем проведения социологических опросов и визуального осмотра состояния зданий. Проводится анализ карт на предмет динамики застройки, состояния жилищного фонда, удаленности от центра города и градообразующих предприятий.

Территорией для картографирования выбран монопрофильный город Кировск в Мурманской области. По результатам использования карт выявлен «кольцевой» характер городского сжатия в населенном пункте: максимальная доля пустующего жилья наблюдается в периферийных городских районах, таких как микрорайон 25-й км (Кукисвумчорр). Установлено, что около 10% жилой площади в этом районе не заселено, тогда как в центре города данный показатель составляет около 7%. Основными факторами депопуляции стали устаревание жилищного фонда, удаленность от общественных и культурных центров и мест концентрации населения. Визуализация данных подтвердила противоречие между планами экстенсивного развития и реальным сокращением застройки.

В результате проведенного анализа подтверждена эффективность предложенного алгоритма для определения пространственных закономерностей городского сжатия, однако выявлены ограничения: сложности сбора информации об индивидуальной застройке и зависимость от плотности временного покрытия спутниковых данных. Установлена необходимость адаптации стратегий территориального планирования с учетом внутригородской дифференциации демографических процессов. Работа вносит вклад в развитие методов урбанистического картографирования, предлагая инструменты для мониторинга структурных кризисов в условиях депопуляции.

Ключевые слова: городское сжатие, жилищный фонд, крупномасштабное картографирование, депопуляция, дистанционное зондирование, моногород

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.4.1

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших последствий геополитических и экономических изменений, произошедших на рубеже XX–XXI вв., стало возникновение общемировой тенденции к депопуляции, сокращению численности городского населения в старопромышленных районах [Pallagst et al., 2009]. Для описания

проблемы используется термин *городское сжатие*, который подразумевает устойчивый процесс оттока населения и спада экономической активности поселений [Замятина, Гончаров, 2020]. Явление обусловлено возникновением регионального или муниципального *структурного кризиса*, подразумевающего, с одной стороны, устаревание приме-

няющихся стратегий городского планирования, с другой – стремительное изменение условий ведения хозяйства в результате глобальных экономических изменений [Martinez-Fernandez et al., 2012].

В современных исследованиях по теме большое внимание уделяется специфике городского сжатия в зависимости от страны [Schilling, Logan, 2008; Batunova, Gunko, 2018] или отдельных регионов стран [Constantinescu, 2012; Lang, 2012]. Тем не менее рассматриваемый феномен специфичен в том числе в масштабе застройки отдельных населенных пунктов. Анализ динамики численности населения и состояния жилищного фонда в масштабе поселений показывает, что характер пространственных изменений структуры селитебной зоны может отличаться в зависимости от района города [Gunko et al., 2021].

С каждым годом все больше осознается важность контроля институтами территориального планирования социально-экономических процессов в пространстве, в том числе городского сжатия. Контроль необходим в целях устойчивого развития населенных пунктов с выраженной депопуляцией и уязвимой экономикой, подверженной рискам к дестабилизации, особенно в моногородах [Martinez-Fernandez et al., 2012]. Авторы настоящей работы видят составление крупномасштабных карт территории населенных пунктов одним из решений проблемы анализа структурных процессов в пространстве городов. Активное развитие урбанистической теории во втором десятилетии XXI в. не только в России, но и в мире, поиск новых методов изучения процессов, в том числе демографических, происходящих в населенных пунктах, делает проблему картографирования процесса городского сжатия актуальной.

Целью настоящей работы стало проведение крупномасштабного картографирования процесса городского сжатия в фокусе состояния жилищного фонда и его качественно-количественных изменений. В качестве территории для изучения демографических процессов взят Кировск, монопрофильный населенный пункт, расположенный в Мурманской области. Работа является продолжением исследований, посвященных картографированию застройки в целях обнаружения демографических изменений в шахтерских моногородах России [Барышкин и др., 2025].

Большая часть современных картографических исследований проводится в фокусе демографических проблем Восточной Европы, региона, для которого проблемы процессов депопуляции и закрытия предприятий актуальнее прочих регионов вследствие резкой смены политического и экономического режимов [Haase et al., 2016]. Среди многочисленных работ, посвященных региональным различиям городского сжатия в пределах одной из

постсоциалистических стран (Трансильвания, Румыния [Constantinescu, 2012]; северо-восток Северной Македонии [Siljanoska et al., 2012]), только малая часть учитывает внутригородскую специфику процесса.

Крупномасштабные карты по настоящей теме, встречающиеся в литературе, в основном *аналитические*: иллюстрируют один тематический показатель, например год постройки или сноса зданий. Сооружения отображаются в пределах их собственных размеров в масштабе [Przemiany..., 2012, с. 19–43] либо с помощью пунсонов-центроидов. Для анализа изменений городской застройки используются серии разновременных карт [Gunko et al., 2021]. Большое внимание уделяется подбору данных для картографирования: используется архивная статистическая информация, результаты социологических опросов, составление когнитивных карт жителями разных возрастных групп [Przemiany..., 2012, с. 118–119]. При этом наиболее ценным источником информации об изменении структуры городской застройки выступают *данные дистанционного зондирования (ДДЗ)* – спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения – благодаря пространственному, временному охватам и детальности [Gunko et al., 2021].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задача крупномасштабного картографирования городской застройки подразумевает необходимость создания основы, включающей все жилые здания исследуемой территории, и подготовки набора характеризующих их атрибутов. На основе опыта крупномасштабного картографирования демографических процессов в городах были выделены следующие показатели:

- год постройки жилых зданий города [Przemiany..., 2012, с. 19–43];
- время сноса жилых зданий [Gunko et al., 2021];
- площадь селитебной зоны [Gunko et al., 2021];
- расположение площадок предприятий [Constantinescu, 2012].

В работах по изучению городского сжатия верхнесилезской агломерации для оценки плотности заселения зданий в разных частях города и выявления мест потенциального опустения жилищного фонда используется показатель площади жилых помещений, приходящейся на одного человека [Krzysztofik et al., 2011]. Также уделено внимание удаленности зданий от центра города для иллюстрации процесса, берущего начало в периферии.

Таким образом, предлагается следующий набор показателей для крупномасштабного картографирования, которые тесно связаны с процессом городского сжатия:

- *собственные показатели застройки:* возраст и этажность жилищного фонда;
- *показатели размещения застройки:* удаленность зданий от центра города и градообразующих предприятий, расположение зданий внутри сели-тебной зоны;
- *показатели негативных инфраструктур-ных и демографических тенденций:* год (период) сноса жилых зданий, удельная жилая площадь, зоны сноса и застройки в разные периоды времени.

Важной особенностью картографирования жи-лищного фонда в динамике становится необхо-

димось привлечения генетически разных типов данных. Для последующего картографирования предлагается использовать нижеописанные источ-ники информации.

Данные дистанционного зондирования сверх-высокого пространственного разрешения являют-ся основным материалом для изучения городского пространства. Высокая детальность для дешифри-рования и временной охват фонда снимков делают возможным выявление по ним пространственных закономерностей сноса и нового строительства (рис. 1).

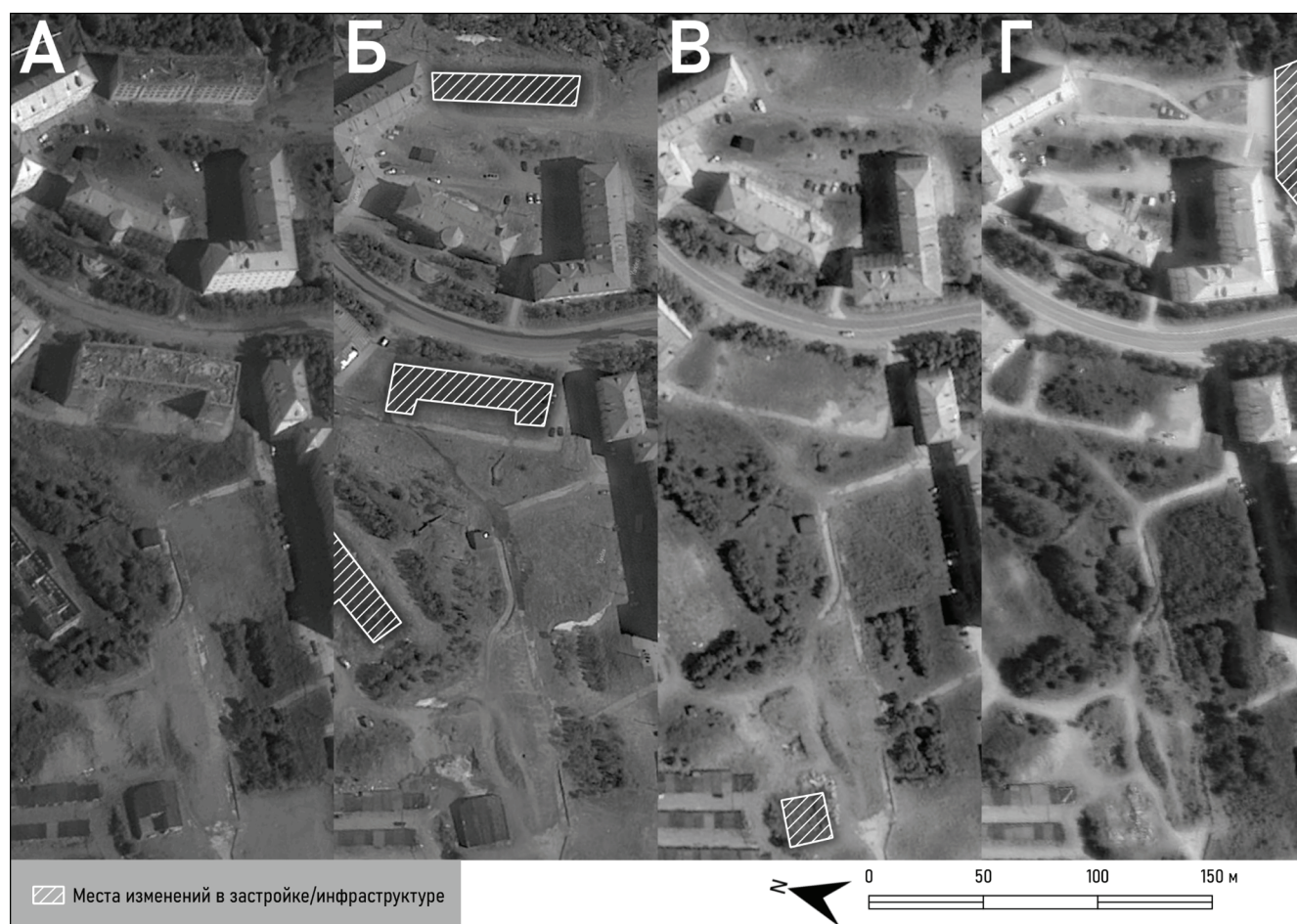


Рис. 1. Изменение структуры застройки мкрорайона 25-й км, прослеживаемое по ДДЗ: А – WorldView-2, 2011; Б – GeoEye-1, 2017; В – Pleiades-1, 2019; Г – WorldView-2, 2024. Коллаж П.А. Барышкина

Fig. 1. Changes in the development structure of the 25th km district, traced by remote sensing data: А – WorldView-2, 2011; Б – GeoEye-1, 2017; В – Pleiades-1, 2019; Г – WorldView-2, 2024. Collage by P.A. Baryshkin

Исследование изменений характера застройки требует постоянства временных диапазонов между соседними датами используемых ДДЗ. Для этого целесообразно использовать рассекреченные снимки разведывательных спутников США Keyhole, один из немногих источников информации, позволяющий целостно оценить состояние жилищного фонда в советское время. Современ-

ные ДДЗ сверхвысокого пространственного разрешения позволяют выявить изменения городской инфраструктуры в постсоциалистический период. Обязательным условием работы со спутниковыми снимками является их предварительная координатная привязка.

Генеральные планы муниципальных образований позволяют изучить структуру размещения функци-

ональных зон, выделить зоны жилых кварталов и предприятий, определить перспективные территории развития городской застройки.

Портал ФГИС ТП позволяет получить актуальные генеральные планы из базы данных документов территориального планирования [ФГИС ТП, 2025]. Недостаток использования генеральных планов для выделения селитбы – быстрая потеря актуальности информации о функциональном зонировании при относительно редкой обновляемости. В соответствии со статьей 9 Градостроительного кодекса РФ генеральные планы поселений и городских округов утверждаются на срок не менее чем двадцать лет [Градостроительный..., 2025]. В качестве альтернативы выступают часто обновляемые проекты генеральных планов. Карты функционального зонирования генеральных планов также необходимо регистрировать в системе координат проекта и сохранять в формате, позволяющем проводить детальные наблюдения.

Автоматизированная информационная система публично-правовой компании «Фонд развития территорий» (АИС ППК «ФРТ») является крупной базой данных с информацией об объектах жилищного фонда [Мой дом, 2025]. Система позволяет получать оперативную информацию о жилых зданиях и их состоянии.

Недостаток набора заключается, в первую очередь, в большом количестве пропусков в данных (рис. 2). В АИС ППК «ФРТ» практически полностью отсутствует информация об индивидуальной жилищной застройке. Пространственная информация представлена исключительно адресами строений. Для дальнейшего картографирования требуется проведение геокодирования (соотнесение адресных данных объектов с их географическими координатами), например с помощью открытого инструмента *Nominatim*, работающего на адресной базе OpenStreetMap.

Векторная основа *OpenStreetMap* [OpenStreetMap, 2025] не является сама по себе источником информации о жилищном фонде. Она содержит данные о размещении объектов застройки, использование которых значительно облегчает проведение дешифрирования космических снимков: трудозатратная оцифровка строений по спутниковому изображению сводится к редактированию полигонов снесенных/построенных зданий в уже имеющемся наборе данных. Также векторная основа применяется для нанесения на карту географической основы: объектов гидрографии и дорог.

Очевидным недостатком основы *OpenStreetMap* является ее неполнота, особенно в районах индивидуальной жилищной застройки.

Полевые исследования – наиболее достоверный источник информации о современном состоянии

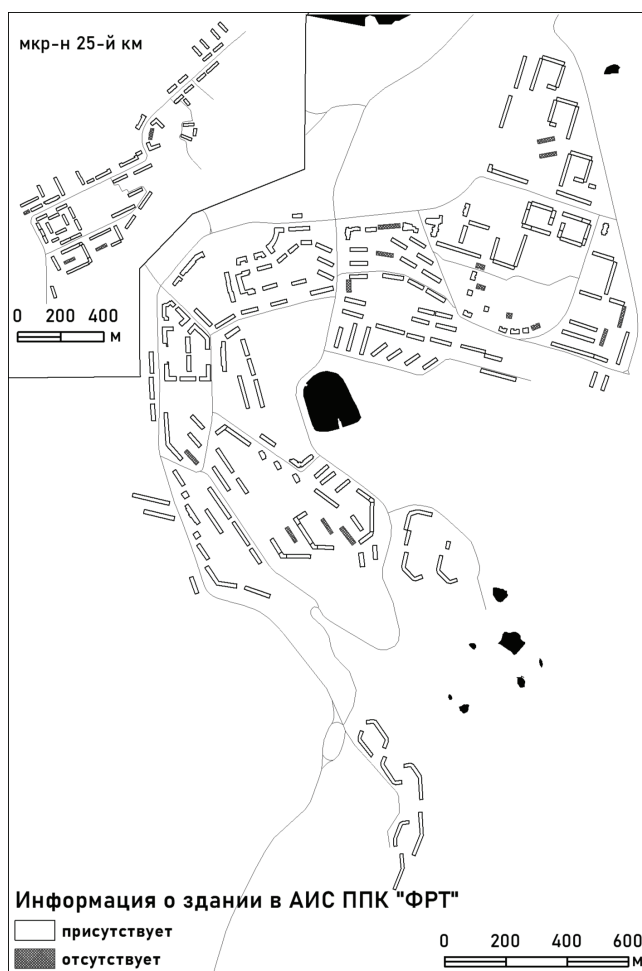


Рис. 2. Наличие пропусков в данных АИС ППК «ФРТ» на примере города Кировска. Изображены только жилые здания. Автор П.А. Барышкин

Fig. 2. Gaps in the AIS PPK “FRT” data for the town of Kirovsk. Only residential buildings are shown. Draft and design by P.A. Baryshkin

жилищного фонда, при этом наиболее дорогой с точки зрения получения, сбора и интерпретации. Проведение полевых исследований при составлении крупномасштабных карт демографических процессов в городах преследует две цели:

- получить недостающую информацию о состоянии жилищного фонда городов, отсутствующую в ранее упомянутых источниках;
- верифицировать имеющиеся данные в связи с редкой актуализацией части источников.

Предлагаются следующие способы полевого обследования городской застройки:

- проведение пешего дрейфа по территории населенного пункта;
- фотофиксация зданий, находящихся в ветхом или заброшенном состоянии, и иных строений, представляющих интерес для картографирования;
- схематическое изображение маршрута полевого обследования с указанием положения и состояния зданий, районов новой застройки и сноса;

– составление схем заселенности многоквартирных домов, если в таковых снаружи замечен факт присутствия пустующих квартир;

– интервьюирование местных жителей, старожилых населенных пунктов для получения объективной информации о городской застройке.

Для визуализации показателей жилищного фонда целесообразно использовать способ значков переменного цветового тона. Выяснено, что форма здания в плане не несет полезной информации для визуализации явления. Из-за того что территория исследования может быть достаточно большой по площади, а значит, картографироваться в относительно мелком масштабе, способ оказывается неудачным в силу плохой читаемости полигонов.

Границы ступеней цветовой шкалы возраста сопоставляются с периодами правления политических лидеров. Аналогичное решение выбрано при создании карт возраста зданий городов России [Россия больших городов..., 2025]. Такая градация оказывается репрезентативной для населенных пунктов, долгое время существовавших в условиях советских градостроительных стратегий, тесно связанных с внутренней политикой государства.

Визуализация показателя удельной жилой площади для кварталов застройки. При изучении характера депопуляции важно определить пространственные различия в удельной жилой площади, т. е. жилой площади в многоквартирных домах, приходящейся на одного человека. Явление локализовано в пределах фрагментов городской застройки, поэтому для его отображения целесообразно использовать способ уточненной картограммы, где в качестве единиц территориального деления принимаются городские кварталы. Кварталы выделяются на основе карт функционального зонирования генеральных планов. Расчет кумулятивных значений жилой площади и численности населения на каждый квартал проводится в ГИС-пакете на основе данных АИС ППК «ФРТ».

Визуализация поля удаленности от центра города. Центр города – это часть его территории, где сосредоточено наибольшее количество общественных зданий и сооружений поселения. Он выполняет ключевую роль в формировании структуры населенного пункта, поэтому интересен в рамках изучения городского сжатия. Основываясь на плотностных алгоритмах обнаружения центра города [Zhu, Sun, 2017], предлагается использовать кластеризацию *DBSCAN*, результаты которой применять для расчета удаленности. Для этого проводится вычисление расстояний на основе сетевой модели дорог.

Визуализация зон застройки и сноса. Отображение изменений городской территории проводится в соответствии с генеральным планом либо путем обнаружения уменьшения или увеличения селитебной зоны по разновременным снимкам.

Таким образом, алгоритм расчета и визуализации исследуемых показателей технологически основан на:

– дешифрировании разновременных спутниковых снимков сверхвысокого пространственного разрешения;

– векторизации имеющихся растровых карт функционального зонирования генеральных планов населенных пунктов;

– использовании методов пространственного анализа (плотностная кластеризация точечных паттернов, расчет по сетевой модели и т. д.).

Анализ характера городского сжатия по картам изменения и современного состояния структуры жилищного фонда проводится путем визуального изучения пространственного распределения проиллюстрированных показателей и применения графоаналитических приемов (картометрии). Следует отметить следующие критерии составленных карт, в соответствии с которыми можно утверждать, что они удовлетворяют целям работы:

– иллюстрируют структуру жилищного фонда в фокусе демографических процессов, имеющих место в населенном пункте;

– показывают пространственную дифференциацию структуры и динамики жилищного фонда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено крупномасштабное картографирование городского сжатия в Кировске (Мурманская область), моногорода за Северным полярным кругом, имеющим горнодобывающую специализацию. В населенном пункте наблюдается устойчивая депопуляция с 1992 г. За 33 года Кировск покинуло 19,6 тыс. чел. [Всесоюзная..., 1989], на данный момент в городе проживает 23,9 тыс. чел. [Численность..., 2024]. Основной причиной демографических проблем стало ухудшение экономической ситуации в условиях сурового климата.

Особый интерес представляет микрорайон 25-й км (Кукисвумчорр), который находится на значительном транспортном удалении от центральной части Кировска. Территория испытывает структурный кризис, последствия которого выражены в стремительной депопуляции, опустении и сносе зданий одновременно с закрепленной в генеральном плане перспективой на экстенсивный рост площади застройки.

Картографирование проведено по данным различных источников, сводная характеристика которых представлена в таблице. Далее подробно описаны наборы данных и специфика их сбора и интерпретации на территорию интереса.

В охвате застройки Кировска получено четыре космических снимка сверхвысокого пространственного разрешения, которые позволили проследить изменения в структуре жилищного фонда с 2011 по 2020 г. (GeoEye-1, WorldView-2, Pleiades-1). Такой набор ДДЗ оказался исчерпывающим для территории, что обусловлено в том числе круглогодичным плотным облачным покрытием Мурманской об-

ласти. Тем не менее благодаря высокой четкости и контрастности изображений, жилищный фонд Кировска уверенно дешифрируется на каждом из разновременных снимков.

Бедность набора ДДЗ нивелировалась полнотой статистической информации о жилищном фонде города. Данные АИС ППК «ФРТ» об этажности, жилой площади и численности населения в зданиях получены для большей части строений населенного пункта (93% от всех 274 жилых домов в городе). Большое количество статистических данных обусловлено отсутствием частной застройки в Кировске, информация о которой является конфиденциальной.

Таблица

Сравнительная характеристика источников данных для крупномасштабного картографирования жилищного фонда Кировска (Мурманская область)

Тип данных	Состав набора данных на г. Кировск	Применение	Преимущества	Недостатки	Примечания
Данные дистанционного зондирования	Четыре спутниковых снимка GeoEye-1, WorldView-2, Pleiades-1 (2011–2020)	Отслеживание изменений структуры жилищного фонда (снос, новое строительство)	Временной охват (при наличии Keyhole); пространственный охват; наглядность изменений застройки	Временное покрытие; зависимость от облачности	
Генеральные планы	Карты Генерального плана Кировска	Определение зон строительства, сноса; анализ соответствия планов реальности	Достоверность (государственная база данных); Сравнение перспектив с реальностью	Медленная актуализация (срок действия до 20 лет)	На Кировск не обновлялся с 2012 г.
АИС ППК «ФРТ»	Данные о жилой площади, этажности, численности населения в зданиях	Расчет удельной жилой площади; классификация по этажности и году постройки	Оперативность; полнота (для многоквартирных зданий)	Отсутствие данных о частной застройке, необходимость геокодирования адресов	Геокодирование проведено через Nominatim
OpenStreetMap	Векторные слои застройки, дорог, гидрографии	Упрощение дешифрирования застройки; географическая основа карты	Открытость данных; простота интерпретации	Неполнота данных (кварталы частной застройки); необходимость контроля достоверности	
Полевые исследования	Результаты пеших обследований, фотофиксации и опроса, схемы заселенности	Верификация данных; оценка состояния зданий; выявление пустующих квартир	Достоверность; актуальность; возможность исследования динамики (несколько полевых выездов)	Дороговизна; неполнота (территориальная)	

Низкая актуальность генерального плана (2012 г.) является одной из важных проблем картографирования из-за возможного недостоверного выделения современной зоны селитьбы. Тем не

менее документ позволил определить границы зон перспективного развития и сноса, что важно для определения факта проведения в них строительных работ спустя 13 лет после публикации документа.

В целях верификации набора данных в Кировске с 2022 по 2025 г. авторами проведен ряд полевых исследований. В камеральных условиях определены границы кварталов, внутри каждого из которых в полевых условиях оценивалось состояние зданий путем составления схем их заселенности. Был проведен массовый социологический опрос 87 жителей

микрорайона 25-й км: заданы вопросы о наличии в зданиях опрошенных пустующих квартир и включении их домов в аварийный фонд.

На основе верифицированных данных из различных источников были составлены карты состояния (рис. 3) и изменения структуры жилищного фонда Кировска (рис. 4).

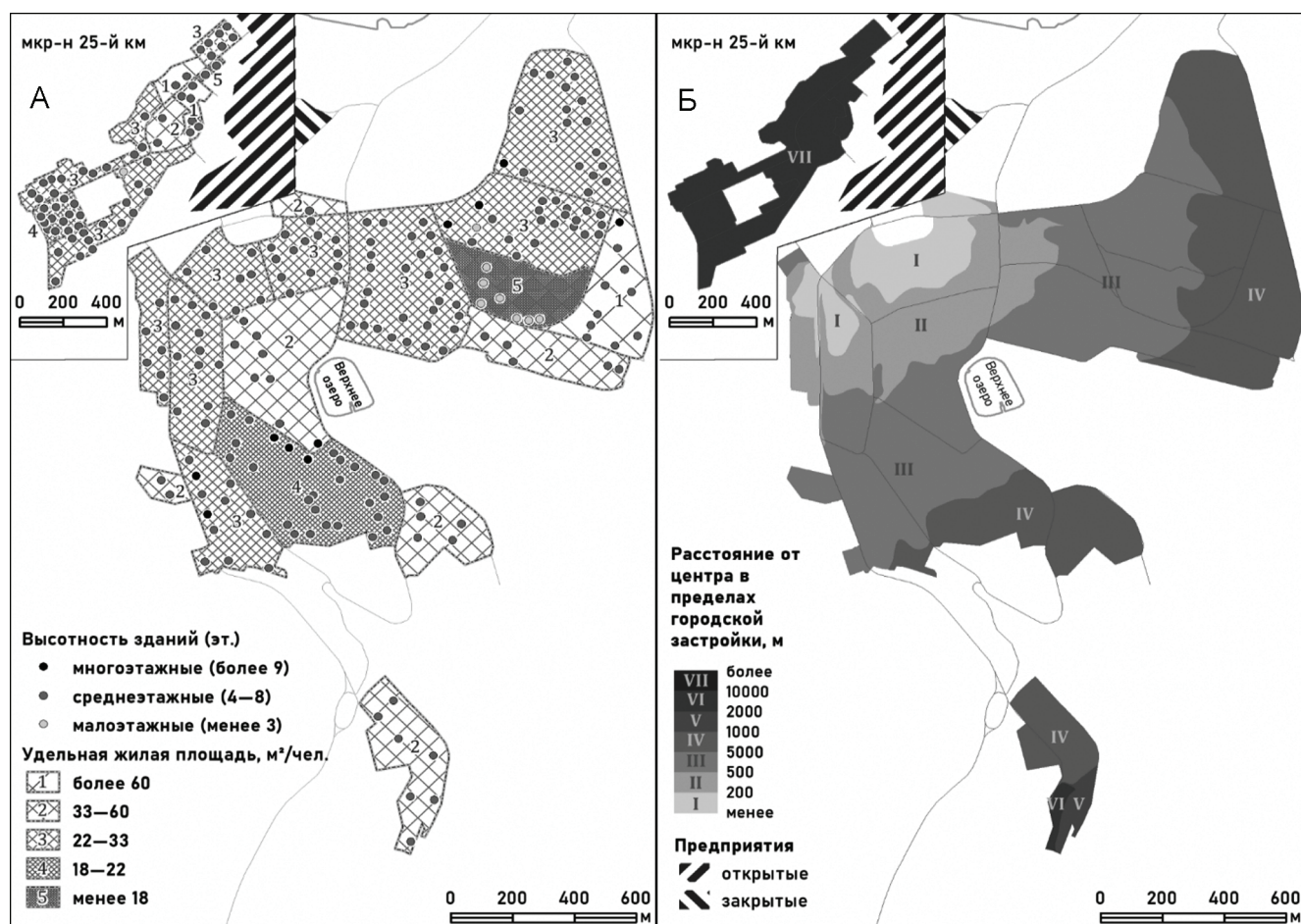


Рис. 3. Состояние жилищного фонда Кировска (А), отдаленность городских территорий относительно центра и расположение градообразующих предприятий (Б). Автор П.А. Барышкин

Fig. 3. The state of housing facilities in the town of Kirovsk (A); the remoteness of the territory from the center and the location of the town-forming enterprises (Б). Draft and design by P.A. Baryshkin

В городе подавляющее число зданий жилищного фонда – многоквартирные. Это объясняет сложность прослеживания динамики структуры жилищного фонда по снимкам: с 1991 г. в городе было снесено пять зданий в микрорайоне 25-й км, возведено одно (см. рис. 4). При этом городское население за 30 лет заметно сократилось. Показатель удельной жилой площади (см. рис. 3), а также полевое исследование населенного пункта позволили оценить долю пустующих квартир в домах, а значит, и пространственную структуру городского сжатия.

Наблюдается резкое опустение жилых зданий в окрестностях площадок градообразующего пред-

приятия. Население концентрируется в историческом центре, вытянутом вдоль осевой магистрали «проспект Ленина – улица Кондрикова». Вследствие стремительного опустения жилищного фонда в микрорайоне 25-й км наблюдается самая высокая концентрация заброшенных и снесенных строений в городе. По результатам анализа количественных показателей на картах предложен ряд причин быстрого оттока населения из микрорайона. Он связан как с общими экономическими проблемами моногорода и региона, так и с низкой аттрактивностью существующего фонда. Под аттрактивностью в данном случае подразумевается совокупность фак-

торов, таких как удаленность от центра города, устаревание панельных строений 1960–1970-х гг., состояние окружения (соседствующие заброшенные здания).

Городское сжатие в Кировске приобретает «кольцующий» характер, т. е. опустевают преимущественно удаленные от центра жилые здания [Pallagst et al., 2009]. Экстенсивный рост селитьбы, заложенный в генеральном плане, не происходит в реально-

сти и при сохранении современных экономических и демографических условий невозможен в будущем. Обозначенные в генеральном плане перспективные зоны развития («гринфилды») в течение 13 лет не были освоены, тогда как староосвоенные территории центра города и микрорайон 25-й км («браунфилды») испытывают негативные изменения структуры застройки: снос (в меньшей степени) и частичное обезлюдение (в большей степени).

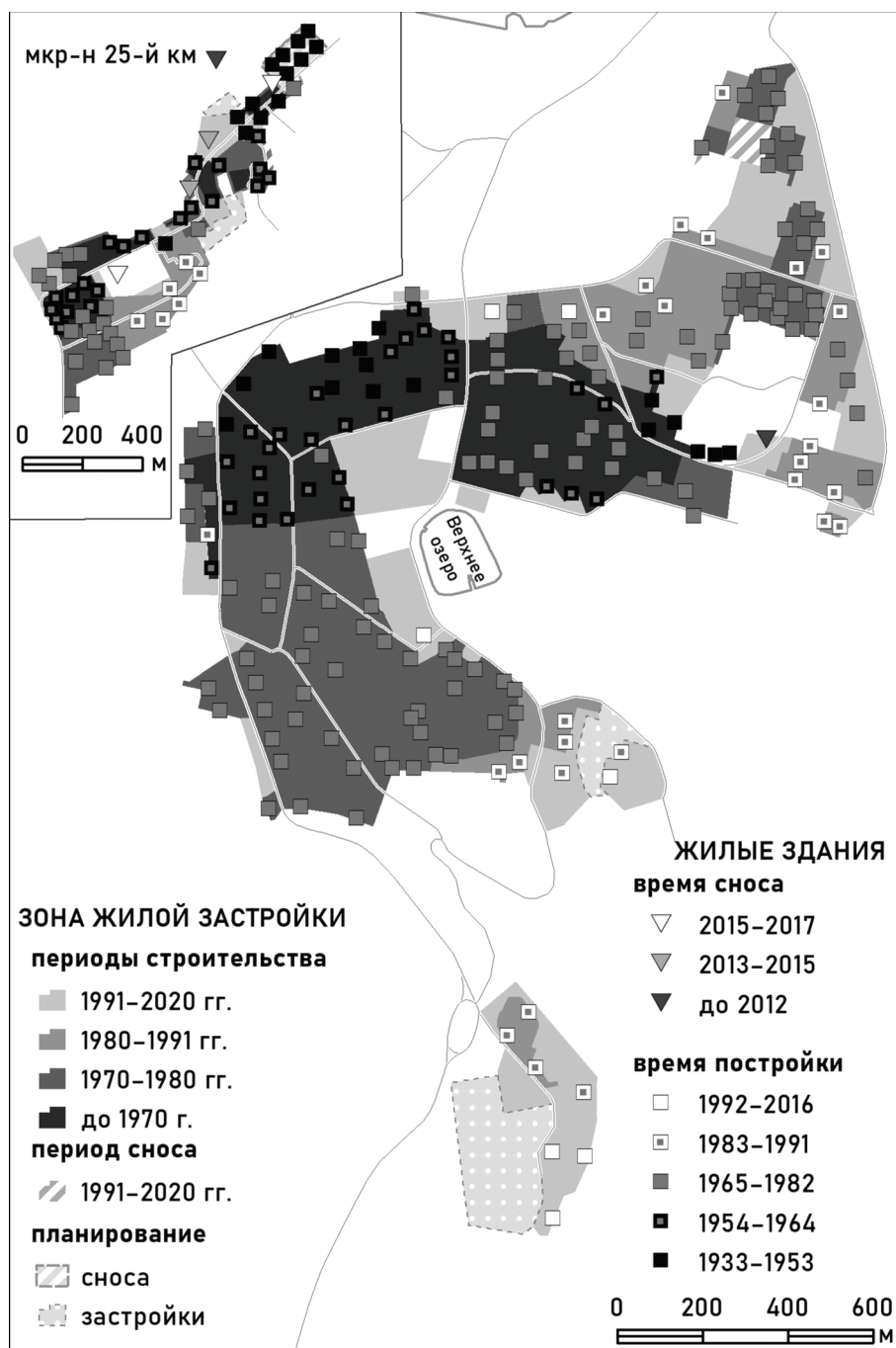


Рис. 4. Изменение структуры жилищного фонда Кировска. Автор П.А. Барышкин

Fig. 4. Changes in the spatial structure of the housing stock in the town of Kirovsk. Draft and design by P.A. Baryshkin

Полевое исследование подтвердило наличие выявленной по картам слабой тенденции к опустению квартир во всем пространстве центра города. В среднем в Кировске не заселено 5–7% от общего числа квартир, однако доля пустующего жилищного фонда увеличивается при удалении от осевой магистрали. В зданиях вдоль нее не заселено только 3–7% квартир, в более отдаленных от дороги районах – 10–15%. Картограмма удельной жилой площади (см. рис. 3) показывает схожую закономерность нарастающего опустения зданий при движении от магистрали. Доля пустующих квартир в зданиях микрорайона 25-й км по полевым наблюдениям в среднем составляет 9,8%, тогда как в центре – 6,8%. Подтвержден факт, что большая часть покинутых зданий построена в период массового строительства 1960–1970-х гг. Соседствующая кирпичная застройка 1950-х гг. остается значительно более заселенной. Опрос жителей микрорайона 25-й км показал, что у 56% опрошенных в домах присутствуют пустующие квартиры. Среди 34,7% из них пустуют от 3 до 10 квартир в здании, а у 22,4% – более 10 квартир (рис. 5). Статистика совпадает с показателями картограммы удельной жилой площади, полученной в камеральных условиях, что подтверждает применимость крупномасштабного картографирования для детектирования негативных демографических процессов в городах.



Рис. 5. Результаты социологического опроса населения мкрорайона 25-й км. Статистика пустующих квартир в домах. Март 2022. Сбор и интерпретация П.А. Барышкина

Fig. 5. Results of a sociological survey of the population of the 25th km district. Statistics of non-occupied apartments in buildings. March 2022. Collection and interpretation by P.A. Baryshkin

Тем не менее авторы полагают, что кейс Кировска может быть нерепрезентативным для изучения процесса городского сжатия в населенных пунктах с преобладанием частной застройки. Проблемы получения статистики по зданиям в частном секторе и плотного временного покрытия разновременными ДДЗ являются ключевыми при картографировании. Изменения пространственной структуры застройки

Кировска изучены только в периоды между космическими съемками из-за приоритетности ДДЗ как источника информации в рамках данного алгоритма картографирования.

ВЫВОДЫ

В результате работы был составлен алгоритм крупномасштабного картографирования пространственных изменений жилищного фонда, включающий следующие этапы:

1. Сбор данных различных источников.
2. Картографирование структуры городской застройки для временных срезов, определенных датами космической съемки.
3. Обогащение семантической информацией объектов застройки, полученной из статистических источников.
4. Расчет транспортной доступности, характеристик расселения по кварталам с помощью приемов пространственного анализа.
5. Полевые исследования: верификация полученных данных, заполнение недостающих данных.
6. Финальное оформление карт пространственной структуры жилищного фонда и ее изменений.

Разработанный алгоритм картографирования был апробирован на примере Кировска Мурманской области. В ходе апробации показано, что предложенные аспекты состояния многоквартирного жилищного фонда: собственные показатели застройки, размещение зданий и инфраструктурные тенденции достаточно многогранно характеризуют процесс городского сжатия. Каждый из источников данных в достаточной степени, но не абсолютно, удовлетворяет требованиям картографирования; для создания полноценной картины требуются полевые исследования с верификацией по ключевым участкам.

Составленные крупномасштабные картографические материалы позволили выявить наличие городского сжатия и специфику распространения процесса в пределах жилой застройки Кировска:

- выявлен «кольцующий» характер явления: стремительно опустевают городские периферии;
- дана количественная оценка пустующему жилью: от 3–7% в центре, до 10–15% на окраинах, в отдаленном микрорайоне 25-й км в более чем половине домов есть пустующие квартиры;
- наиболее пустующим оказывается сектор панельного жилья, более ранняя кирпичная застройка остается востребованной.

Выявлено несоответствие цели экстенсивного роста города, заложенного в генеральном плане, и реальности; очевидно, что в ближайшем будущем этот рост невозможен.

Благодарности. Авторы выражают благодарность ЦКП УНО «Геопортал с оперативным наполнением и комплексом обучения и обработки информации космических снимков» и лично заведующему лаборатории аэрокосмических методов географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова канд. геогр. наук М.В. Зимину за предоставленные данные спутниковой съемки, а также учащимся Школы юного географа при географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова за помощь в сборе полевых данных. Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы 121051400061-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барышкин П.А., Алексеенко Н.А., Медведев А.А. и др. Картографирование структуры жилищного фонда моногородов в целях анализа городского сжатия // Геодезия и картография. 2025. № 1. С. 30–40. DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1015-1-30-40.
- Замятина Н.Ю., Гончаров Р.В. Арктическая урбанизация: феномен и сравнительный анализ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2020. № 4. С. 69–82.
- Batunova E., Gunko M. Urban shrinkage: an unspoken challenge of spatial planning in Russian small and medium-sized cities, *European Planning Studies*, 2018, vol. 26, p. 1580–1597, DOI: 10.1080/09654313.2018.1484891.
- Constantinescu I. Shrinking Cities in Romania: Former Mining Cities in Valea Jiului, *Built Environment*, 2012, vol. 38, № 2, p. 214–228, DOI: 10.2148/benv.38.2.214.
- Gunko M., Batunova E., Medvedev A. Rethinking urban form in a shrinking Arctic city (Repenser la forme urbaine dans une ville arctique en décroissance), *Espace populations sociétés*, 2021, DOI: 10.4000/eps.10630.
- Haase A., Rink D., Grossman K. Shrinking Cities in Post-Socialist Europe: What Can We Learn From Their Analysis for Theory Building Today? *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 2016, vol. 98, no. 4, p. 305–319, DOI: 10.1111/geob.12106.
- Krzysztofik R., Runge J., Kantor-Pietraga I. Paths of Shrinkage in the Katowice Conurbation. Case Studies of Bytom and Sosnowiec Cities, Sosnowiec, The Jacek Skalmierski Computer Laboratory, Gliwice, 2011.
- Lang T. Shrinkage, Metropolization and Peripheralization in East Germany, *European Planning Studies*, 2012, no. 20, p. 1747–1754, DOI: 10.1080/09654313.2012.713336.
- Martinez-Fernandez C., Audirac I., Fol S. et al. Shrinking Cities: Urban Challenges of Globalization, *International Journal of Urban and Regional Research*, 2012, vol. 36, no. 2, p. 213–225, DOI: 10.1111/j.1468-2427.2011.01092.x.
- Pallagst K., Schwarz T., Popper F. et al. Planning Shrinking Cities, *Progress in Planning*, 2009, vol. 72, no. 4, p. 1–37.
- Przemiany przestrzenne oraz społeczne Bytomia i jego centrum: Studia i materiały / Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego; red. I. Kantor-Pietraga, R. Machowski. Sosnowiec, Uniwersytet Śląskiego, 2012. 161 p.
- Schilling J., Logan J. Greening the Rust Belt: A Green Infrastructure Model for Right Sizing America's Shrinking Cities, *Journal of the American Planning Association*, 2008, vol. 74, no. 4, p. 451–466, DOI: 10.1080/01944360802354956.
- Siljanoska J., Korobar V., Stefanovska J. Causes, Consequences and Challenges of Shrinkage: The Case of Small Cities in a Transition Society, *Built Environment*, 2012, vol. 38, № 2, p. 244–258, DOI: 10.2148/benv.38.2.244.
- Zhu J., Sun Y. Building an Urban Spatial Structure from Urban Land Use Data: An Example Using Automated Recognition of the City Centre, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2017, vol. 6, no. 4, p. 122, DOI: 10.3390/ijgi6040122.
- Электронные ресурсы
OpenStreetMap. URL: www.openstreetmap.org (дата обращения 24.02.2025).
- Всероссийская перепись населения 1989 г. Численность городского населения РСФСР, ее территориальных единиц, городских поселений и городских районов по полу. Демоскоп Weekly – Приложение. Справочник статистических показателей. URL: https://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus89_reg2.php (дата обращения 24.02.2025).
- Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 26.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040 (дата обращения 24.02.2025).
- Мой дом. АИС ППК «ФРТ»: жилищный фонд на территории Российской Федерации. URL: <https://витрина.фрт.рф/myhouse> (дата обращения 24.02.2025).
- Россия больших городов – карта возраста домов how old is this house. Кон-Тики. URL: <https://kontikimaps.ru/hoith> (дата обращения 24.02.2025).
- ФГИС ТП: Федеральная государственная информационная система территориального планирования. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru> (дата обращения 24.02.2025).
- Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2024 года. Статистический бюллетень. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/BUL_MO_2024.xlsx (дата обращения 24.02.2025).

Поступила в редакцию 11.03.2025
После доработки 10.04.2025
Принята к публикации 20.05.2025

CHANGES OF THE TERRITORIAL STRUCTURE OF HOUSING FACILITIES IN A SINGLE-INDUSTRY TOWN (CASE STUDY OF THE TOWN OF KIROVSK, THE MURMANSK OBLAST)

P.A. Baryshkin¹, N.A. Alekseenko²

^{1,2}Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics

¹Postgraduate student; e-mail: petr.baryshkin@gmail.com

²Associate Professor; Ph.D. in Geography; e-mail: valtuz@mail.ru

The article presents a methodology for large-scale mapping of settlements to study an urban shrinkage phenomenon, which becomes evident through depopulation and structural transformation of housing stock. The work is of immediate importance because the intraurban spatial differentiation of shrinkage processes is insufficiently studied, particularly for the single-industry towns. The authors aim to develop a mapping methodology integrating high resolution remote sensing data (WorldView-2, GeoEye-1, Pleiades-1), housing stock statistics (AIS PLC “FRT”), municipal master plans, the OpenStreetMap vector base, and field surveying data. The methodology includes analyzing urban development dynamics, the state of housing facilities, remoteness from city centers and core industrial enterprises, as well as data verification through sociological surveys and visual inspections of buildings.

The single-industry city of Kirovsk in the Murmansk region was selected for mapping. The mapping results revealed a “doughnut-shaped” pattern of urban shrinkage: the maximum housing vacancy was found in peripheral areas, such as the 25th km (Kukisvumchorr) district. It was found that nearly 10% of residential space in the area remains unoccupied, compared to about 7% in the city center. Key factors of depopulation include the aging housing stock, remoteness from public and cultural centers, and distance from population hubs. Data visualization confirmed a contradiction between plans for extensive development and the actual reduction of housing.

The analysis demonstrated that the proposed methodology is effective for identifying spatial patterns of urban shrinkage. However, limitations were noted, including challenges in analyzing individual housing and dependence on temporal density of satellite data coverage. The results emphasize the need to adapt territorial planning strategies to account for intraurban differentiation of demographic processes. The study contributes to the advancement of urban cartography methods by offering tools for monitoring structural crises under the depopulation processes.

Keywords: urban shrinkage, housing stock, large-scale mapping, depopulation, remote sensing, single-industry towns

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the Center for Collective Use of the Unified Scientific Organization “Geoportal with Operational Content and Complex for Training and Processing Information from Space Images” and personally to Mikhail Viktorovich Zimin, Ph.D. in Geography, Head of the Laboratory of Aerospace Methods of the MSU Faculty of Geography, for provided satellite imagery data, as well as to the students of the School of Young Geographers at the MSU Faculty of Geography for their assistance in collecting field data. The study was carried out under the state budget theme 121051400061-9.

REFERENCES

- Baryshkin P.A., Alekseenko N.A., Medvedev A.A., Batunova E.Yu., Khropov A.G. Kartografirovaniye struktury zhilishchnogo fonda monogorodov v tselyah analiza gorodskogo szhatiya [Mapping the housing stock structure of single-industry towns for the purpose of urban shrinkage analysis], *Geodesy and cartography*, 2025, no. 1, p. 30–40, DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1015-1-30-40. (In Russian)
- Batunova E., Gunko M. Urban shrinkage: an unspoken challenge of spatial planning in Russian small and medium-sized cities, *European Planning Studies*, 2018, vol. 26, p. 1580–1597, DOI: 10.1080/09654313.2018.1484891.
- Constantinescu I. Shrinking Cities in Romania: Former Mining Cities in Valea Jiului, *Built Environment*, 2012, no. 2, vol. 38, p. 214–228, DOI: 10.2148/benv.38.2.214.
- Gunko M., Batunova E., Medvedev A. Rethinking urban form in a shrinking Arctic city (Repenser la forme urbaine dans une ville arctique en décroissance), *Espace populations sociétés*, 2021, DOI: 10.4000/eps.10630.
- Haase A., Rink D., Grossman K. Shrinking Cities in Post-Socialist Europe: What Can We Learn From Their Analysis for Theory Building Today? *Geografiska Annaler, Series B, Human Geography*, 2016, no. 98, vol. 4, p. 305–319, DOI: 10.1111/geob.12106.
- Krzysztofik R., Runge J., Kantor-Pietraga I. *Paths of Shrinkage in the Katowice Conurbation*, Case Studies of Bytom and Sosnowiec Cities, Sosnowiec: The Jacek Skalmierski Computer Laboratory, Gliwice, 2011.
- Lang T. Shrinkage, Metropolitanization and Peripheralization in East Germany, *European Planning Studies*, 2012, no. 20, p. 1747–1754, DOI: 10.1080/09654313.2012.713336.

- Martinez-Fernandez C., Audirac I., Fol S., Cunningham-Sabot E. Shrinking Cities: Urban Challenges of Globalization, *International Journal of Urban and Regional Research*, 2012, no. 36, vol. 2, p. 213–225, DOI: 10.1111/j.1468-2427.2011.01092.x.
- Pallagst K., Schwarz T., Popper F. et al. Planning Shrinking Cities, *Progress in Planning*, 2009, no. 72, vol. 4, p. 1–37.
- Przemiany przestrzenne oraz społeczne Bytomia i jego centrum: Studia i materiały*, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, I. Kantor-Pietraga, R. Machowski (eds.), Sosnowiec, Uniwersytet Śląskiego, 2012, 161 p.
- Schilling J., Logan J. Greening the Rust Belt: A Green Infrastructure Model for Right Sizing America's Shrinking Cities, *Journal of the American Planning Association*, 2008, no. 74, vol. 4, p. 451–466, DOI: 10.1080/01944360802354956.
- Siljanoska J., Korobar V., Stefanovska J. Causes, Consequences and Challenges of Shrinkage: The Case of Small Cities in a Transition Society, *Built Environment*, 2012, no. 2, vol. 38, p. 244–258, DOI: 10.2148/benv.38.2.244.
- Zamyatina N.Yu., Goncharov R.V. Arkticheskaya urbanizatsiya: fenomen i sravnitalny analiz [Arctic urbanization: a phenomenon and a comparative analysis], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2020, no. 4, p. 69–82. (In Russian)
- Zhu J., Sun Y. Building an Urban Spatial Structure from Urban Land Use Data: An Example Using Automated Recognition of the City Centre, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2017, no. 6, vol. 4, p. 122, DOI: 10.3390/ijgi6040122.
- Web sources*
- All-Union Population Census of 1989. The urban population of the RSFSR, its territorial units, urban settlements and urban districts by sex. Demoscope Weekly – Supplement. Handbook of statistical indicators, URL: https://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus89_reg2.php (access date 24.02.2025).
- FGIS TP: Federal State Information System of Territorial Planning, URL: <https://fgistp.economy.gov.ru> (access date 24.02.2025).
- My home. AIS PPK “FRT”: housing stock in the territory of the Russian Federation, URL: <https://vitrina.frt.rf/my-house> (access date 24.02.2025).
- OpenStreetMap, URL: www.openstreetmap.org (access date 24.02.2025).
- Population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2024. Statistical bulletin, URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/BUL_MO_2024.xlsx (access date 24.02.2025).
- Rossiya bol'shikh gorodov – karta vozrasta domov how old is this house, Kon-Tiki [Russia of Big Cities – Map of Age of Houses How Old is This House, Kon-Tiki], URL: <https://kontikimaps.ru/how-old/moscow> (access date 24.02.2025). (In Russian)
- Urban Development Code of the Russian Federation of 12/29/2004 No. 190-FZ (as amended on 12/26/2024) (as amended and supplemented, entered into force on 01.01.2025), URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040 (access date 24.02.2025).

Received 11.03.2025
 Revised 10.04.2025
 Accepted 20.05.2025