

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный национальный исследовательский университет»

На правах рукописи



Полякова Яна Рафаиловна

Геоинформационное картографирование компонентов городской среды

1.6.20. Геоинформатика, картография

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
доктор географических наук, профессор
Пьянков Сергей Васильевич

Пермь – 2026

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	10
1.1 Городская среда как объект исследования.....	10
1.2 Компоненты современной городской среды.....	12
1.3 Основные подходы и методы исследования компонентов городской среды.....	16
1.4 Современный опыт геоинформационного картографирования компонентов городской среды.....	19
1.5 Выводы по первому разделу	29
2 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	32
2.1 Исходные пространственные данные	32
2.2 Создание картографической базы данных и цифровой картографической основы	37
2.3 Методы геоинформационного картографирования	46
2.4 Выводы по второму разделу	51
3 МЕТОДЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	53
3.1 Население.....	53
3.1.1 Картографирование демографических показателей на основе официальных статистических данных.....	53
3.1.2 Определение численности населения по данным о жилой застройке	56
3.1.3 Определение численности населения по данным о жилой застройке на уровне квартальной сети	59
3.1.4 Оценка плотности населения с использованием методов плотности ядер	61

3.2 Транспорт.....	62
3.3 Жилищный фонд.....	65
3.4 Социальная сфера.....	71
3.4.1 Картографирование типов и характеристик объектов на основе адресных реестров	71
3.4.2 Оценка обеспеченности социальной инфраструктурой на уровне районов.....	76
3.4.3 Моделирование изохрон доступности методами сетевого анализа	81
3.4.4 Определение зон обслуживания учреждений на основе сетевого анализа.....	85
3.4.5 Оценка обеспеченности социальной инфраструктурой с использованием гексагональной сетки и буферного анализа.....	88
3.5 Общественные пространства	94
3.6 Выводы по третьему разделу	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Система методических рекомендаций.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Иерархия показателей	131

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Городская среда характеризуется высокой динамичностью, пространственной неоднородностью и сложностью связей. В условиях урбанизации и роста городов проблема комплексного анализа и картографирования городских территорий приобретает особую значимость. Традиционные методы оценки состояния городской среды, основанные на официальных статистических данных в разрезе административных районов, не позволяют выявить реальные внутригородские различия.

В научной литературе активно развиваются подходы к изучению качества городской среды, однако остаются недостаточно разработанными методы геоинформационного картографирования, позволяющие перейти от обобщенных показателей к детальному пространственному анализу на уровне микрорайонов, кварталов и отдельных объектов. Особую актуальность приобретает проблема интеграции разнородных источников пространственных данных — официальных статистических, открытых, краудсорсинговых и коммерческих — в единую картографическую базу данных, обеспечивающую непротиворечивость и полноту информационной основы для внутригородских исследований.

Кроме того, в геоинформационном картографировании сохраняется необходимость формализации и систематизации методов, обеспечивающих воспроизводимость и сопоставимость результатов. Отсутствуют единые методологические подходы, связывающие выбор показателей, методы пространственного анализа и способов картографического изображения.

Актуальность исследования обусловлена следующими факторами:

- картографирование городской среды существенно затрудняется дефицитом исходных данных, сложностью их сбора и, в ряде случаев, отсутствием общепринятых подходов к их обновлению и представлению конечных результатов;
- официальные статистические данные, результаты ежегодного мониторинга качества городской среды и отдельных ее составляющих различными ведомства-

ми и компаниями дают возможность картографировать городскую среду на уровне муниципального образования и/или городского района;

- использование открытых и общедоступных данных (в том числе краудсорсинговых) позволяет выявлять внутригородские различия в разрезе административных районов, микрорайонов, жилых кварталов и отдельных объектов;

- на современном этапе формируются потребности в поиске новых методов исследования городской среды, городского планирования и принятия в дальнейшем управленческих решений по управлению территориями.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие теории и методов геоинформационного картографирования внесли: Лурье И. К., Салищев К. А., Сваткова Т. Г., Евтеев О. А., Берлянт А. М., Пьянков С. В., Субботина Т. В., Чепкасов П. Н., Бешенцев А. Н. Вопросы картографирования городской среды и оценки ее качества рассматривались в работах Прохоровой Е. А., Меркушева С. А., Артемовой О. В., Поздняковой Н. А., Гневашева Ф. А., Хайбрахманова Т. С., Липилина Д. А., Евтушенко Д. Д. и зарубежных исследованиях: Xiong He, Zhiming Zhang. Картографирование населения рассматривалось Бобровским Р. О., Бабкиным Р. А. и зарубежными исследователями: Pirowski T., Bartos K., Salgado D., Oancea B., Zeng C., Zhou Y., Wang S., Yan F., & Zhao, Q., Hu Yunfeng, Zhao Guanhua, Zhang QianLi. Картографирование социальной инфраструктуры представлено в работах Строковой Е. А., Ершова А. В., Чернова А. В., Аникина В. В., Долгачевой А. С., Долгачевой Т. А., Тесленок С. А., Черкасова А. А., Махмудова Р. К., Сопнева Н. В. Транспортное картографирование развивается в работах Ромах Е. А., Карпачевского А. М. и зарубежных исследованиях: Zochowska R., Kłós M. J., Soczówka P., Pilch M. и др.

Цель исследования – разработка и совершенствование методов картографирования компонентов городской среды.

Задачи исследования:

- анализ и обобщение российского и зарубежного опыта картографирования городской среды крупных населенных пунктов;

- разработка рациональной структуры картографических и атрибутивных баз данных компонентов городской среды, а также их наполнение;
- адаптация существующих и разработка новых методов геоинформационного картографирования компонентов городской среды: население, транспорт, жилищный фонд, социальная сфера, общественные пространства;
- разработка и апробация системы методических рекомендаций, формализующей процесс геоинформационного картографирования городской среды;
- создание серии тематических карт на основе разработанных методов геоинформационного картографирования.

Объект исследования – городская среда.

Предмет исследования – методы геоинформационного картографирования компонентов городской среды на основе открытых и общедоступных данных.

Научная новизна диссертационных исследований:

- разработаны и реализованы новые методы картографирования компонентов городской среды, в частности плотности населения, стоимости жилья и обеспеченности объектами социальной инфраструктуры на основе новых источников данных (в том числе краудсорсинговых);
- предложена рациональная структура картографических и атрибутивных баз данных, позволяющая создавать тематические карты основных компонентов городской среды на всех уровнях территории населенного пункта;
- разработан метод картографирования общественных пространств городской среды (в том числе для пешеходно-променадного каркаса) на основе открытых источников данных;
- создана серия тематических карт компонентов городской среды на основе открытых и общедоступных данных в разрезе административных районов, микрорайонов, квартальной сети и отдельных объектов.

Теоретическая значимость работы. Исследование вносит вклад в развитие и совершенствование методов геоинформационного картографирования компонентов городской среды на уровне микрорайонов, квартальной сети и отдельных

объектов, в том числе с применением открытых и общедоступных источников данных, возможности применения которых в данной сфере ранее недооценивались.

Практическая значимость работы. Разработанная система методических рекомендаций геоинформационного картографирования компонентов городской среды может быть использована органами местного самоуправления, проектно-изыскательскими организациями, организациями, работающими в сфере консалтинга и пространственной аналитики, сфере логистики, а также учебными заведениями. Разработка и адаптация новых методов геоинформационного картографирования компонентов городской среды представлена в виде алгоритмов и программ в среде ГИС. Серия тематических карт компонентов городской среды вошла в основу комплексных Атласов г. Перми и Коми-Пермяцкого округа Пермского края.

Методология и методы исследования. Методология исследования базируется на базовых понятиях и методах картографии, геоинформационного картографирования. В диссертационной работе для решения поставленных задач использованы следующие методы исследования: картографический, геоинформационного картографирования, сбора и обработки информации, алгоритмизации, моделирования, математико-картографического моделирования, статистические, пространственно-временной анализ.

Положения, выносимые на защиту:

— созданная структура картографической и атрибутивной базы данных для тематического картографирования компонентов городской среды рациональна, а данные в ней актуальны и могут обновляться путем интеграции разнородных источников с использованием современных методов краудсорсинга и парсинга, обеспечивая непротиворечивость и полноту информационной основы для внутригородского картографирования;

— предложенный и реализованный метод обеспечивает нормативную оценку плотности населения в пределах жилой застройки, которая является ключевым показателем для картографирования обеспеченности социальной инфраструктуры, транспорта и жилищного фонда;

– разработанная и апробированная система методических рекомендаций на основе открытых и общедоступных источников данных позволяет выполнять картографирование компонентов городской среды в более крупном масштабе и с большей информативностью, по сравнению с официальными источниками данных.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Основные положения диссертации соответствуют областям исследования: 7 – Картографические и геоинформационные методы и технологии анализа пространственных данных, моделирования пространственных явлений, объектов, процессов, отношений и систем; 12 – Методы и технологии визуализации пространственных данных. Создание анимационных, виртуальных геоизображений и других мультимедийных продуктов на основе пространственных данных. Геоинформационное картографирование паспорта научной специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались, обсуждались и получили положительный отклик на Всероссийской научно-практической конференции «Новая наука: новые вызовы» (Краснодар, 2017 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Город Пермь – 300 лет в истории России» (ПГНИУ, Пермь, 2023 г.); международной конференции «Интер-Карто.ИнтерГИС 29» (Улан-Удэ и Улан-Батор, 2023 г.); Всероссийской научной конференции с международным участием «Региональные столицы России — точки опоры и роста» (Екатеринбург и Пермь, 2023 г.); международной научной конференции «Современная Евразия: общественно-географический анализ» (Улан-Удэ и Улан-Батор, 2023 г.), II Всероссийской научной конференции «Общественные принципы и концепции в свете достижений современной науки» (ПГНИУ, Пермь, 2024 г.); международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках XXI Большого географического фестиваля (Санкт-Петербург, 2025 г.); международной конференции «Интер-Карто.ИнтерГИС 31» (Пермь и Кудымкар, 2025 г.); международной научно-

практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках XXII Большого географического фестиваля (Санкт-Петербург, 2026 г.); XXII Международной выставке и научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2026» «Экономика пространственных данных» (Новосибирск, 2026 г).

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 10 публикациях, 4 из которых – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Также получено свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы из 136 наименований. Материал работы изложен на 136 страницах машинописного текста и включает в себя 24 таблицы, 33 рисунка, 2 приложения.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

1.1 Городская среда как объект исследования

В современной науке урбанизированные территории чаще всего исследуются через призму двух ключевых понятий — город и городская среда. Эти понятия, хотя и взаимосвязаны, имеют различные аспекты и характеристики, которые требуют отдельного рассмотрения [113].

Город, как географическое понятие, представляет собой территорию, отличающуюся от окружающей местности высокой плотностью населения, компактностью застройки и сложной архитектурно-планировочной структурой. Исторически понятие «город» формировалось на протяжении многих веков. Изначально под городом понималась территория, имеющая четкие границы, выполняющая функции обороны, управления, торговли и ремесла, а также обладающая определенными гражданскими правами и формами самоуправления [23].

Город – это прежде всего социальный организм, это люди и среда, в которой они живут и которая формирует сменяющиеся поколения [48].

Современные города выполняют множество функций: они являются центрами промышленности, транспортными узлами, административными и информационными центрами, а также сосредоточением социальной инфраструктуры, включая учреждения здравоохранения, образования и культуры. Экономически профиль города определяет его роль и значение в региональной и глобальной экономике.

Городская среда — это совокупность антропогенных, экономических, экологических и социальных условий, в которых проживает население на определенной территории. Она включает в себя факторы, влияющие на расположение жилых массивов, промышленных зон, состояние окружающей среды и социально-экономические условия. Городская среда отражает уровень развития инфраструктуры и сферы услуг, а также концентрацию общественных ресурсов, которые оказывают влияние на общество как целостную систему [113].

Городская среда — совокупность природно-климатических, экологических, социально-экономических, инженерно-технических, градостроительных, архитектурно-планировочных и объемно-пространственных условий и факторов, обеспечивающих безопасные, устойчивые и комфортные условия среды жизнедеятельности населения [92].

Понятие «городская среда» появилось в 1970-х г. как расширение понятия «город», включающее в себя не только физические, но и социальные, экономические и экологические аспекты. Городская среда постоянно развивается, что связано с миграцией населения, инновационными преобразованиями, амортизацией материальных активов и изменениями в градостроительной планировке [20].

Городская среда содержит:

1 Социальную инфраструктуру — систему объектов, обеспечивающих жизнедеятельность и воспроизводство населения. Она включает учреждения образования, здравоохранения, культуры и другие объекты, направленные на удовлетворение материальных и духовных потребностей жителей [61].

2 Экологическую обстановку — природные условия, которые оказывают влияние на здоровье жителей. К ним относятся качество воздуха, воды и почвенно-растительного слоя [53].

3 Транспортную инфраструктуру — систему, обеспечивающую внутригородские связи и развитие экономики. Эффективная организация транспортной сети, включая маршруты и пассажиропотоки, является важным фактором качества городской среды [85].

4 Эстетику городской среды — направление, изучающее красоту и живописность городских ландшафтов. Эстетическое восприятие городской среды играет важную роль в территориальном планировании и проектировании [12].

Городская среда является предметом изучения различных наук, включая урбанистику, экологию, экономику и социологию. В рамках архитектурно-градостроительного подхода акцент делается на предметно-пространственной организации города, экологи рассматривают городскую среду как сложную экоси-

стему, экономисты — как капитал, приносящий ренту, а социологи — как социальную среду, пронизанную взаимодействиями индивидов и общностей [46, 60].

Дисциплинарные подходы отражают предметный фокус анализа городской среды с позиций различных наук. Вместе с тем выделенные исследовательские поля являются условными разграничениями, поскольку современная урбанистика развивается как междисциплинарная область знаний [46], в которой важнейшим методологическим императивом признается взаимовлияние социального и несоциального, природного и искусственного, материального и нематериального в изучении городской среды [60].

Город, как сложный объект, требует всестороннего анализа, включая геоинформационное картографирование, которое повышает оперативность и качество информационного взаимодействия, эффективность управления и использования информационных ресурсов, применения электронных карт и геопространственных данных [36, 52]. Суть геоинформационного картографирования состоит в информационно-картографическом моделировании природных и социально-экономических систем на основе баз данных, ГИС-технологий, географических и специальных данных [52].

Город и городская среда представляют собой сложные, многослойные понятия, требующие междисциплинарного подхода для их изучения. Развитие городской среды связано с постоянными изменениями в социальной, экономической и экологической сферах, что делает актуальным ее картографирование, в том числе оперативное.

1.2 Компоненты современной городской среды

Городская среда трактуется как динамическая система, обладающая сложной структурой и саморегулирующимися механизмами. Дж. Форрестер определяет город как систему, в которой возникают напряжения, влияющие на экономическую деятельность, использование земельных ресурсов и миграцию населения [105]. Также известны трактовки городской среды как иерархии взаимосвязанных структур [28], и выделение в городе различных сфер жизни: производство, быт,

образование, отдых и культура [5]. Эти подходы подчеркивают многогранность городской среды, которая формируется в зависимости от исследовательских задач и методологических установок.

Исходя из этого, город можно представить как множество различных подсистем, взяв за основу всевозможные параметры в зависимости от конкретной исследовательской задачи и исходной методологической базы. В рамках исследования городской среды представляется логичным построение и изучение ее с точки зрения структуры и компонентов.

Р. Парк, представитель Чикагской социологической школы, ввёл понятие «городская среда», выделив две её составляющие: природную среду и пространство, преобразованное человеком [67]. Н. Ф. Реймерс предложил рассматривать среду населённых мест через три компонента: квазиприродную (модифицированная природа), артеприродную (искусственно созданные объекты) и социальную (культурные и психологические аспекты) [78]. Таким образом, городская среда включает:

- 1 Естественно-природный компонент — биогенные и абиогенные факторы, такие как климат, рельеф, водные ресурсы и растительность. Этот компонент обеспечивает экологическую устойчивость и комфортность проживания.

- 2 Техногенный компонент — застройку, транспортную и инженерную инфраструктуру, промышленные объекты. Он формирует материальную основу города, обеспечивая его функционирование и развитие.

- 3 Социальный компонент — культурные традиции, социальные нормы, историческое наследие и общественные отношения, которые определяют качество жизни и взаимодействие горожан.

С точки зрения С. В. Пирогова, в городской среде воплощаются специфические черты конкретной территории, развивающихся в ее рамках социальных отношений и городской культуры [69]. Пространственная организация города традиционно основывается на четырёх видах деятельности: работа, проживание, отдых и передвижение. Это разделение отражается в функциональных зонах:

- 1 Жилая зона — территории, предназначенные для проживания населения.

2 Производственная зона — промышленные предприятия, склады и коммунальные объекты.

3 Ландшафтно-рекреационная зона — парки, лесопарки и зоны отдыха.

4 Центральная зона — историческое ядро города с высокой концентрацией административных, культурных и торговых объектов [69].

Однако в современных условиях рассматриваемый подход к разделению территории города уступает место более сложному функциональному зонированию, подразумевающему появление достаточно больших по своим размерам территорий различного назначения. Существует несколько альтернативных концепций функционального зонирования, которое в современных условиях становится более гибким и многослойным [107].

Еще одним распространенным критерием выделения компонентов городской среды является территориально-пространственная организация градостроительной системы поселения, в структуре которой выделяется следующее [57]:

1) ядро города, которое, как правило, является его историческим центром и включает жилые кварталы и общественные здания (административного, культурного, торгового профиля);

2) центральный район, непосредственно примыкающий к ядру города, характеризуется большей открытостью и ориентацией на исполнение основных городских функций;

3) специализированные районы (микрорайоны) — достаточно обособленные крупные территориальные комплексы в основном жилого профиля;

4) периферийные районы — территории, расположенные у внешней границы городской территории, как правило, характеризуются наличием малоэтажной жилой застройки и недостаточной развитостью социально-бытовой инфраструктуры.

Городской ландшафт рассматривается как динамическая система, включающая природные и антропогенные компоненты. Выделяют следующие категории городских ландшафтов [19]:

1 Урбанизированные ландшафты — жилая застройка, промышленные зоны, транспортные сети.

2 Девастированные ландшафты — территории, нарушенные промышленной деятельностью (карьеры, отвалы).

3 Рекреационные ландшафты — парки, лесопарки, водно-парковые ансамбли.

4 Коммуникационные ландшафты — транспортные коридоры, связанные с региональной инфраструктурой.

5 Агрокультурные ландшафты — сельскохозяйственные угодья в пределах города.

6 Гидроморфные ландшафты — водоёмы, реки, озёра.

Исторический ландшафт, как подтип урбанизированного, включает территории с сохранённым культурным наследием и традиционной застройкой [57].

Город как территориальная общественная система представляет собой пространственно-временную форму организации ойкумены, в которой интегрированы и взаимосвязаны все сферы жизнедеятельности населения, а также прослеживается единство всех элементов общества, тесно взаимодействующее с окружающей природной средой [111].

С точки зрения урбанистики города — это конкретные городские поселения, у каждого из которых своя историческая судьба со своей природной и социально-экономической характеристикой, со своей социальной и производственной инфраструктурой [6].

Структуру городской среды можно описывать при помощи четырех компонентов: естественно-природного, материально-вещественного, культурно-информационного и социо-антропологического [35]. Городская среда также рассматривается через призму социоантропологического компонента, который включает образ жизни, менталитет, социальную мобильность и взаимодействие горожан. Город является продуктом урбанизации, где ключевым элементом выступает человек с его творческим потенциалом и социальными связями [41].

Современная городская среда — это сложная система, включающая природные, техногенные и социальные компоненты. Её структура и функциональное зонирование определяются историческими, экономическими и культурными факто-

рами. Изучение городской среды требует междисциплинарного подхода, учитывающего как материальные, так и духовные аспекты городской жизни. Понимание этих компонентов позволяет разрабатывать эффективные стратегии развития городов, направленные на повышение качества жизни и устойчивости городских систем.

1.3 Основные подходы и методы исследования компонентов городской среды

Городская среда включает в себя природные, социальные, экономические и культурные компоненты. Интеграция знаний из разных дисциплин сталкивается с трудностями, связанными с различиями в объектах, предметах и методологиях частных наук. Это приводит к необходимости разработки комплексных подходов и методов, способных объединить усилия различных научных направлений для получения целостного представления о городской среде. В процессе научных дискуссий сформировался ряд теорий происхождения города, каждая из которых выделяет определённые социальные функции, играющие градообразующую роль. Эти теории служат методологической основой для изучения городской среды [69].

1 Этнотерриториальная теория рассматривает город как естественный центр территориальной интеграции людей.

2 Политико-административная теория акцентирует внимание на роли города как центра управления.

3 Бурговая теория подчёркивает защитную функцию города как опорного пункта.

4 Теория разделения труда рассматривает город как пространственную форму разделения труда.

5 Социокультурная теория выделяет город как новое пространство коммуникации и интеграции общества.

Эти теории определяют методы изучения городской среды, акцентируя внимание на различных аспектах её функционирования: от политико-административных до социокультурных.

Хронотопический подход выделяет три типа городов:

- историко-культурный хронотоп отражает развитие города во времени, акцентируя внимание на управлении историческим наследием;
- событийный хронотоп подчёркивает значение настоящего, рассматривая город как пространство человеческой деятельности;
- инновационный хронотоп ориентирован на будущее, открывая новые перспективы для развития города и предотвращая его стагнацию.

Эти подходы позволяют рассматривать городскую среду как динамическую систему, в которой прошлое, настоящее и будущее взаимосвязаны.

Методологические подходы к изучению городской среды играют важную роль в силу исходных данных и результатов, которые могут быть получены в ходе их реализации. Так, исходная информация о городе может быть получена путем измерения, субъективной оценки, обобщения или моделирования различных проблем. К таким подходам относятся:

- инвентаризационный подход предполагает учёт и измерение всех показателей, формирующих городскую среду. Однако его ограниченность связана с невозможностью охватить всё многообразие факторов и возрастающей неопределённостью при увеличении числа учитываемых параметров. Тем не менее, этот подход служит основой для покомпонентного анализа городской среды [126], статистики окружающей среды [47] и факторной оценки её состояния [84];
- комплексный подход направлен на сведение разнородных показателей в единый интегральный индекс, что позволяет судить о целостности городской среды. Факторный анализ, используемый в рамках этого подхода, помогает обобщить информацию и выделить ключевые характеристики городской среды [54];
- индикаторный подход основан на выявлении ключевых индикаторов, которые могут служить интегральными показателями состояния городской среды. В качестве таких индикаторов предлагались здоровье населения, тепловое излучение города и другие параметры [134];

- субъектный подход акцентирует внимание на восприятии городской среды жителями. Социологические опросы и экспертные оценки позволяют выявить субъективные оценки комфортности и качества городской среды [10];

- проблемный подход направлен на выявление и решение комплекса проблем, связанных с городской средой. Этот подход используется в инженерно-экологическом зонировании и программно-целевом планировании [78], определении комплексов конфликтных ситуаций при экспертно-географическом районировании [44] и проблемном средоохранном районировании [17];

- геоэкологический подход изучает последствия антропогенного воздействия на геосистемы;

- системный подход включает методы пространственного анализа, такие как картографирование, и методы субстратно-функционального анализа, такие как геохимический и биоценологический анализ [110];

- моделирование городской среды предполагает создание моделей, описывающих её поведение. Этот подход позволяет прогнозировать развитие городских процессов, но его реализация затруднена сложностью создания всеохватывающих моделей [110] и др.

Городскую среду также изучает геоурбанистика, в основе которой лежит комплекс научных принципов, заимствованных из географии, архитектуры, социологии и экологии. Основные методы: сбор данных, анализ и интерпретация пространственной информации, моделирование городской среды и применение географических информационных систем [68].

Отдельно стоит рассмотреть картографирование, которое на современном этапе играет ключевую роль в изучении городской среды, позволяя визуализировать и анализировать различные аспекты.

Картографическое изучение городской территории обусловлено изучением планировки города, его ландшафтов, достопримечательностей, населения, функций, городского хозяйства, процессов урбанизации, экологического состояния путем создания карт. Карты городов могут иметь самое разное содержание (природ-

ные условия, социально-экономические особенности, экология) и различное назначение — справочное, историко-культурное, туристское [75].

Создаются как фундаментальные картографические произведения, так и карты-однодневки для показа взаимодействия и зависимости друг от друга компонентов городской среды, что может быть полезно для учета прикладного характера решаемых проблем.

Исследование городской среды требует применения разнообразных подходов и методов, каждый из которых акцентирует внимание на определённых аспектах её функционирования. Междисциплинарный характер исследований, сочетание теоретических и практических методов, а также использование современных технологий позволяют получить целостное представление о городской среде и разработать эффективные стратегии её развития.

1.4 Современный опыт геоинформационного картографирования компонентов городской среды

Картографирование компонентов городской среды — это важный инструмент для анализа, планирования и управления городскими территориями. В России и за рубежом используются различные методы, которые зависят от целей, технологий и доступных данных.

Современные исследования городской среды активно используют ГИС-технологии, которые обеспечивают сбор, обработку, хранение и визуализацию пространственной информации о состоянии природных, социальных и производственных систем, их взаимодействии. ГИС-технологии позволяют оперативно представлять данные с высокой точностью пространственной привязки, что делает их незаменимым инструментом для анализа и мониторинга городской среды. Геоинформационное картографирование (ГК), объединяющее традиционные методы картографии и современные ГИС-технологии, стало основой для создания тематических картографических материалов, используемых в различных сферах городского планирования и управления.

Картографирование городов включает создание карт, отражающих различные аспекты городской среды: топографические, функциональные, социально-экономические, экологические и культурные. Основные виды городского картографирования [75, 71]:

1 Топографическое картографирование. Топографические карты городов создаются для точного отображения географических объектов, таких как улицы, здания, водоёмы и рельеф. Эти карты используются в градостроительстве, землеустройстве и навигации. В разных странах топографические карты создаются с использованием современных технологий, таких как аэрофотосъёмка и спутниковая навигация [15].

2 Инженерно-техническое картографирование. Этот вид картографирования направлен на отображение инженерных коммуникаций: водопроводных, газовых, электрических сетей, а также транспортной инфраструктуры. Такие карты используются для планирования и управления городской инфраструктурой.

3 Тематическое картографирование. Тематические карты отражают специфические аспекты городской среды, такие как экологическое состояние, плотность населения, транспортные потоки, культурные объекты и историческое наследие. Эти карты помогают анализировать и решать конкретные проблемы городского развития. Например, карты экологического состояния позволяют оценить уровень загрязнения воздуха и воды, а карты плотности населения помогают планировать строительство жилья и развитие социальной инфраструктуры.

4 Карты функционального зонирования выделяют зоны с различным назначением: жилые, промышленные, рекреационные, коммерческие. Они используются для планирования городского развития и оптимизации использования территории. Функциональное зонирование помогает определить наиболее подходящие места для строительства жилых домов, промышленных объектов и зон отдыха, что способствует созданию комфортной и устойчивой городской среды [66].

Одним из направлений картографирования также является комплексное атласное картографирование городов. Комплексные атласы городов включают карты и справочные материалы, характеризующие ключевые аспекты состояния го-

родской среды – характеристики природных условий, экономики, социальной инфраструктуры, экологического состояния, туристских достопримечательностей и пр., что делает их важным инструментом для городского управления и планирования [71, 8, 18, 49, 112, 8, 77, 43].

Современные ГИС-технологии позволяют интегрировать данные из различных источников, создавая комплексные модели городской среды для мониторинга, прогнозирования и управления городскими территориями. В результате появились несколько новых направлений развития городского картографирования:

- *3D-картографирование*. Трёхмерные карты городов позволяют визуализировать городскую среду в объёмном формате. Это особенно полезно для планирования строительства и анализа архитектурных проектов [42, 39, 74];

- *цифровые двойники*. Создание цифровых двойников городской среды позволяет тестировать различные сценарии развития городов в виртуальном режиме. Цифровые двойники помогают предсказать последствия принятия решений и оптимизировать процессы городского планирования и управления [134, 135];

- *интерактивные карты*. Интерактивные карты, доступные через интернет, позволяют пользователям изучать городскую среду в режиме реального времени. Они включают информацию о транспортных маршрутах, экологическом состоянии и культурных объектах. Интерактивные карты используются для информирования населения, планирования маршрутов и анализа городской инфраструктуры [22].

На сегодняшний день ГК может охватывать почти все направления в изучении городской среды, мониторинга и анализа, начиная с населения, заканчивая градостроительной деятельностью и природными аспектами. Однако в связи с проблемами доступности исходных пространственных данных, статистики и методов ее обработки, охват исследований ограничен. Так, основные направления ГК в части тематических исследований городской среды можно разделить на следующие блоки.

- 1 *Картографирование населения* является важным инструментом для анализа социально-демографических процессов в городской среде. Оно включает несколько ключевых направлений, каждое из которых отражает определённые ас-

пекты жизни населения: карты размещения населения, динамики населения, планировочных форм населенных пунктов, демографических характеристик, трудовых ресурсов, этнографические и лингвистические карты и др. [37, 75].

Исследование населения включает части населённых пунктов, районы, микрорайоны, жилые кварталы, и вплоть до отдельных строений. Суть заключается в отображении характеристик населения по наиболее удобным для исследования и подробным территориальным единицам.

Основные источники данных при картографировании населения – статистические данные, в том числе переписи, и данные текущего учета населения, общегеографические карты средних и крупных масштабов [37]. При этом данные переписи населения не всегда доступны и не всегда отражают внутренние различия в численности населения.

В силу того, что статистические данные в большинстве случаев содержат информацию только на уровень муниципального образования, реже на уровень районов, детально картографировать население городов с их помощью не представляется возможным. Поэтому в настоящее время активно разрабатываются альтернативные способы картографирования населения

Тепловые карты плотности населения [98] создаются на основе данных о жилой застройке, в частности об этажности и количестве квартир, среднестатистических показателей жилой площади, приходящейся на одного жителя, или жильцов квартир в домах. На их основе рассчитываются поля плотности населения, которые показывают распределение населения на территории городов и используются для решения других задач, в частности для геомаркетинга (определения распределения потенциальных покупателей). Пример создания тепловых карт населения для г. Кракова приведен в работе [128]. Оценка численности населения была основана на сопоставлении национальной базы данных о зданиях (BDOT) с имеющейся статистической информацией о плотности населения, относящейся к городским районам.

Кроме того, появляется все больше апробаций интеграции данных сотовых операторов и ГИС для отображения количественных изменений населения городов [9, 16, 130].

Использование данных ночной спутниковой съемки для оценки плотности населения основано на линейной зависимости между интенсивностью ночного освещения и плотностью населения и/или типами землепользования [129, 131]. Но ограничением таких данных является низкое пространственное разрешение — 350 м, что ограничивает применимость на уровне отдельных городов.

2 Картографирование социальной инфраструктуры. Инфраструктура подразделяется на производственную, обеспечивающую функционирование основных экономических механизмов (грузовой транспорт, дороги, электро-, газо- и водоснабжение, складское хозяйство) и социальную. Социальная инфраструктура — это совокупность отраслей и предприятий, функционально обеспечивающих нормальную жизнедеятельность населения. К картам этого направления относятся: сетевые карты, обеспеченности населения по видам обслуживания, общего образования, медицинского обслуживания, культуры и культурно-просветительного обслуживания, финансово-кредитной системы, связи и телекоммуникаций, розничной торговли и общественного питания, бытового обслуживания и др. [14, 75].

Исходными данными для картографирования социальной структуры также в первую очередь являются государственная и муниципальная статистика, а также открытые и общедоступные источники.

Сложность картографирования данной сферы заключается в том, что фундаментальные исследования, так же, как и прикладные, используют разные методы и подходы к количественной и качественной оценке. Так, например, анализ обеспеченности объектами социальной инфраструктуры с применением ГИС-технологий может рассчитываться количественно, как отношение суммы объектов социальной инфраструктуры к численности населения, проживающей на данной территории [95].

Оценку социальной инфраструктуры также проводят на основе плотности жилых помещений [40]. Картографирование пространств города, например микрорайонов, как мест проживания, приложения труда и досуговой активности жителей осуществляют на основе авторских методик [59].

Стоит отметить, что многие исследования городских пространств опираются на карты Google, как общедоступный источник пространственных данных о местоположении объектов. Качество отображения социальной инфраструктуры по данным Google Maps Places рассмотрено, в частности, на примере г. Бостона [123].

3 Картографирование промышленности позволяет визуализировать размещение, структуру и развитие промышленного производства, а также его взаимодействие с окружающей средой. Оно включает несколько ключевых направлений: карты отраслевой специализации, объёмов производства, карты занятости и взаимодействия с окружающей средой.

Особенности картографирования промышленности заключаются в сложности объекта картографирования, так как промышленность включает множество отраслей и подотраслей, связанных с различными технологическими циклами. Поэтому уровень картографируемой территории может быть выбран в зависимости от целей и задач исследования, то есть карты могут отражать как отдельные предприятия, так и промышленные узлы или районы. К источникам данных для этого направления картографирования относят: статистику, литературные и справочные материалы, данные дистанционного зондирования [37, 75].

4 Картографирование строительства и планировки города.

Карты строительства характеризуют строительство как отрасль хозяйства и отображают его специализацию, инфраструктуру, материально-техническую базу и производство строительных материалов. Сейчас строительство обслуживает практически все отрасли промышленности и делится на жилищное, промышленное, транспортное, сельскохозяйственное. Среди карт строительства можно выделить четыре основные группы: карты условий и факторов развития строительства, карты капитального строительства, карты строительных и монтажных организаций, карты территориальной организации и структуры строительных комплексов [75].

На сегодняшний день ГИС-технологии активно применяются для проектирования, анализа и коррекции строительных проектов, что даёт дополнительные возможности в проведении различного рода экспертиз, автоматизированного поиска и коррекции ошибок, возникающих как на этапах проектирования, так и при переходе с одного этапа на другой [27].

Аналогичные возможности ГК позволяет использовать в своде документов «Правила землепользования и застройки» для функционального зонирования населенных пунктов, а также при наполнении баз данных публичных порталов, по типу ИСОГД, ведения Единого государственного реестра недвижимости в рамках Национальной системы пространственных данных (НСПД) [58] и др.

Ряд работ на сегодняшний день связан с пространственным анализом городов и городской застройки. С помощью геоинформационного картографирования разрабатываются методы создания карт динамики городской застройки [1]. В то же время использование разновременных космических снимков и городских индексов (UI, NDBI) также позволяет провести подобный анализ городской территории [7].

Спутниковые снимки используются и для картографирования городского зонирования, в частности функциональных зон городских территорий [106] и ночной освещенности для классификации застроенных и незастроенных территорий [136].

Использование технологий Big Data позволило продвинуться дальше в исследовании городской застройки, города и населения. В работе [109] приведен успешный пример интеграции традиционных статистических данных, интернет-сервисов для размещения объявлений, тепловых карт плотности населения и спутниковых снимков для картографирования городской среды. Так, традиционные источники позволили оценить динамику численности городов, а применение технологии Big Data с интеграцией ГИС раскрыли особенности развития застройки территории городов и пригородов, тепловые карты плотности дали представление об особенностях концентрации населения, в том числе во вновь застроенных районах. Анализ стоимости жилья с использованием данных интернет-сервисов для размещения объявлений в центральных городах и их пригородах подтвердил основные тенденции, связанные с центральностью мест и периферией [109].

Стоит отметить, что в качестве больших данных могут использоваться не только интернет-сервисы для размещения объявлений, но и социальные сети, данные операторов связи и различные городские датчики, включая средства видеофиксации. Такие работы носят в первую очередь оценочный характер и используются в качестве данных для социологических исследований, которые в последующем визуализируются средствами геоинформационного картографирования [132].

Возрос интерес к интеграции ГИС и BIM (информационных моделей зданий) [96]. Такие 3D представления с высокой детализацией можно создать или импортировать в ГИС, интегрировать в имеющиеся базы данных, совмещать с 2D данными систем проектирования (САПР) и использовать для визуализации и анализа на уровне здания или другого объекта строительства, а также их совокупности. 3D карта городской территории теперь может содержать детальную спецификацию зданий, представлять их физические и функциональные характеристики с привязкой к месту. Возможности картометрических измерений при использовании 3D карт значительно возрастают [42].

5 Картографирование транспорта. Карты транспортных сетей получили наибольшее распространение, так как в развитии транспортной инфраструктуры опорная транспортная сеть занимает особое место, обеспечивая пространственное и функциональное единство транспортной системы. Карты транспортных сетей должны давать целостное представление о взаимосвязи путей сообщения и транспортных узлов, составляющих единую транспортную систему [75].

Транспортное картографирование включает:

- карты транспортных сетей: автомобильные дороги, железнодорожные пути, маршруты общественного транспорта;
- карты доступности: время доезда до ключевых объектов (школ, больниц, торговых центров);
- карты аварийности: анализ мест с высокой частотой ДТП.

Источниками для составления карт транспортных сетей могут быть как картографические, так и статистические материалы. Используют также спутниковые

снимки: установлено, что яркость и ширина изображения дорожного полотна прямо пропорциональны интенсивности движения.

Основным источником для составления карт автомобильных дорог являются топографические и общегеографические карты и атласы автомобильных дорог. Карты путей сообщения характеризуют как сами пути (типы, значения), так и предприятия автомобильного транспорта. Отдельно выделяют карты автохозяйств, которые показывают размещение автомобильного парка с подразделением на грузовой и пассажирский [75].

Достаточно популярным направлением является изучение транспортной доступности, в рамках которого она оценивается с помощью общедоступных данных о маршрутно-транспортной сети и данных о численности населения [81]. На основе вышеперечисленных данных создаются авторские методики для расчёта доступности [119, 133]. Одним из способов отображения транспортной доступности на картах являются изохроны, которые обычно строятся для общественного транспорта. Изохроны определяют географические области, в которых люди могут достичь определенной точки за заданное время [100].

Рассматривается безопасность дорожно-транспортной сети. Создаются интерактивные карты аварийности на дорогах, где можно найти официальную информацию о типах ДТП, датах, улицах, нарушении ПДД, окружающей инфраструктуре. Подобный ресурс ведет Министерство внутренних дел Российской Федерации [24].

Отдельно стоит выделить исследования, посвященные *качеству городской среды*. На сегодняшний день, помимо социологических опросов и анкетирования, выделяются работы с использованием ГИС-технологий.

Качество городской среды оценивается на основе интегральных показателей, включающих состояние зелёных насаждений, уровень развития общественно-деловых районов, безопасность дорожного движения и др., и рассчитывается по эмпирическим формулам. На основе этого показателя строятся карты и картосхемы, отображая уровень комфортности городской среды [50].

Количественные сведения о площадях озеленения необходимы для расчета суммарного индекса качества городской среды. Возможны различные методы получения таких данных, в том числе с помощью дешифрирования ортофотопланов, аэрофотосъемки, мобильного лазерного сканирования [87].

Ряд современных исследований комфортности городской среды может проводиться на основе 3D-карт, например, карта привлекательности городских пространств Санкт-Петербурга [39]. Про места для прогулок часто говорят в контексте качества и комфортности городской среды и городских пространств. Эти термины объединяет то, что их можно выразить некоторым показателем, который будет говорить: в одном месте людям хорошо, а в другом плохо.

Суть работы состоит в расчёте положения наблюдателя и его области видимости (двумерной), а также объектов городской среды, которые попадают в поле зрения наблюдателя – растительность и здания. Для этого была создана цифровая модель местности (ЦММ) с визуализацией высоты зданий и растительности, принимающий на вход ЦММ – рельеф плюс любые объекты на поверхности, и возвращающий для каждой точки растр видимости. Результат оформлен на интерактивной карте привлекательности городских пространств для прогулок Санкт-Петербурга [39].

Созданные картографические произведения в ГИС могут быстро преобразовываться по содержанию в связи с изменением городской среды. Они позволяют выполнять мониторинг, прогнозировать и моделировать дальнейшее развитие тех или иных процессов, облегчают принятие решений по вопросам проектирования, строительства, эксплуатации инженерных объектов, экономики, сервиса, безопасности и т. д.

Круг пользователей таких данных включает: органы управления, промышленные предприятия, банки, деловые круги, коммерческие организации, изыскательские и научно-исследовательские учреждения, университеты, школы, архивы, библиотеки, музеи, туристические организации, средства массовой информации, органы охраны внутреннего распорядка, отдельных граждан [75].

Таким образом, ГК является мощным инструментом для анализа и управления городской средой. Оно охватывает широкий спектр направлений, включая население, социальную инфраструктуру, промышленность, строительство, транспорт и качество городской среды. Использование современных технологий, таких как 3D-моделирование, Big Data и веб-картографирование, значительно расширяет возможности и обеспечивает создание новых типов карт. Однако для дальнейшего развития необходимо решить проблемы доступности данных, стандартизации методов и интеграции различных источников информации.

1.5 Выводы по первому разделу

Современная городская среда представляет собой сложную систему, включающую природные, техногенные и социальные компоненты. Её структура и функциональное зонирование определяются историческими, экономическими и культурными факторами. Исследование городской среды требует применения разнообразных методов, каждый из которых акцентирует внимание на определённых аспектах её функционирования. Городская среда не имеет аналогов в природной среде и, как правило, совсем не вписывается в природные циклы. Без компонентного картографического анализа и обобщения этой информации сложно дать оценку её состояния.

Одним из ключевых инструментов анализа и управления городской средой является ГК, которое позволяет визуализировать, моделировать и прогнозировать процессы, происходящие на урбанизированных территориях.

Основными компонентами ГК городской среды, подводя итог вышесказанному, становятся: население, социальная сфера, транспорт, жилищный фонд и общественные пространства (таблица 1.1). Примеры исследований демонстрируют использование новых источников данных, применение ГИС-технологий в решении конкретных проблем в планировании и оптимизации городской среды.

Таблица 1.1 – Компоненты городской среды и новые источники данных

Компонент городской среды (по Реймерсу, Пирогову, Дридзе и др.)	ГК компонентов городской среды	Традиционные источники данных	Новые источники данных
Техногенный (здания, дороги, инфраструктура, промышленные зоны)	транспорт	статистические данные, литературные и справочные материалы, данные ДЗЗ	OpenStreetMap, порталы общественного транспорта, Яндекс Карты
	жилищный фонд	статистические данные, сведения ИСОГД и ЕГРН	сервис Avito (Циан), ГИС «ЖКХ», данные ДЗЗ
Социально-демографический (нормы, традиции, историческое наследие, население, общественные отношения)	население	статистические данные, данные переписи и текущего учета населения	данные о жилой застройке, данные сотовых операторов, социальные сети, данные ДЗЗ
	социальная сфера	статистические данные, данные ОГВ и ОМС, картографические материалы, данные ДЗЗ	открытые и общедоступные источники, социальные сети, данные плотности жилых помещений, краудсорсинговые сервисы
Культурно-информационный (образование, здравоохранение, коммуникация, цифровые платформы, искусство, культура)	общественные пространства	данные социологических опросов и анкетирования, интегральные и частные показатели мониторинга качества городской среды, данные ДЗЗ	открытые и общедоступные источники, социальные сети, краудсорсинговые сервисы
Естественно-природный (климат, рельеф, водоёмы, растительность, почвы)	В работе не рассматривается		

ГК городской среды является мощным инструментом для анализа и управления, однако его развитие требует решения ряда проблем, связанных с доступностью данных, стандартизацией методов и интеграцией технологий.

Одной из ключевых проблем является отсутствие открытых и актуальных данных по многим характеристикам городской среды. Кроме того, данные часто ограничены уровнем муниципальных образований, что затрудняет детальный анализ на уровне микрорайонов или кварталов [55].

Отсутствие единых стандартов для создания карт и моделей городской среды также является серьёзным препятствием для дальнейшего развития геоинформационного картографирования в этом направлении.

Сложность объединения данных из различных источников и отсутствие общепринятых способов и алгоритмов применения новых типов данных (в частности, Big Data и спутниковых снимков) является ещё одной проблемой.

Внедрение современных технологий, таких как 3D-моделирование, Big Data и цифровые двойники, требует значительных финансовых и кадровых ресурсов, а также наличия квалифицированных специалистов, что пока ограничивает их широкое применение.

Использование персональных данных (например, данных мобильных операторов) для анализа населения и транспортных потоков требует соблюдения законодательства о защите персональных данных. Проблемы с доступом к данным, которые могут быть ограничены коммерческими или государственными интересами, также являются препятствием.

Городская среда постоянно меняется, что требует регулярного обновления данных. Быстрые изменения в застройке, транспорте и социальной инфраструктуре делают данные не актуальными, что снижает эффективность анализа.

В настоящее время, несмотря на четкую переориентацию многих исследований с глобальных и региональных на муниципальные проблемы, до сих пор не разработана общепринятая концепция картографирования крупных городов. Не разработаны критерии оценки различных ее компонентов, методические приемы, отсутствуют унифицированные легенды и макеты карт различного содержания и масштаба.

2 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

2.1 Исходные пространственные данные

Формирование информационного обеспечения для картографирования современной городской среды представляет собой решение ряда вопросов, обусловленных необходимостью подбора и интеграции разнородных, динамично изменяющихся и зачастую противоречивых пространственных данных. В данной научной работе информационное обеспечение структурировано как система, состоящая из двух взаимосвязанных составляющих.

Во-первых, это данные, служащие цифровой картографической основой (ЦКО). Их основными источниками являются данные Федерального фонда пространственных данных [32], топографические карты населенных пунктов масштабов 1: 25 000 – 1: 100 000, Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности муниципальных образований (ИСОГД), открытые данные OpenStreetMap (OSM) [127], космические снимки для актуализации дорожной сети и границ застройки. Для классификации дорог по значению – законодательно закрепленные перечни автомобильных дорог и картографические материалы «Системы контроля за формированием средств дорожных фондов» [90].

Вторым ключевым компонентом являются тематические пространственные данные, характеризующие различные аспекты городской среды: население, транспорт, жилищный фонд, социальная сфера, общественные пространства и др. В ходе сбора информации для картографирования формируются массивы данных, которые используются непосредственно для анализа пространственных закономерностей и наполнения баз данных. Этот массив формируется из множества источников, различающихся методами сбора, периодичностью обновления, стандартами качества и пространственной детализации, что усложняет их интеграцию и сопоставление.

Ключевой проблемой, решаемой в данном разделе, является доступность исходных материалов в необходимом масштабе и с нужной детализацией. Характерными сложностями являются дефицит данных на уровне внутригородских исследований или

противоречивость информации, полученной из разных источников. Также источники информации могут различаться по уровню достоверности, что требует критического подхода к их выбору и валидации, а неполнота или устаревшая информация могут привести к появлению ошибок в создаваемых картографических материалах.

Стоит учитывать также динамичность городской среды. Городская среда быстро меняется, больше всего этому подвержены социальная и транспортная инфраструктура, городская застройка, что значительно влияет на эффективность анализа. Требуется время и ресурсы на проверку, обновление и дополнение таких источников. Обновление карт требует регулярной интеграции новых данных [77].

Анализ научной литературы [51] позволяет систематизировать всё многообразие источников данных в несколько групп. Для целей данного исследования эта классификация была адаптирована и дополнена с учётом специфики городской среды и доступности данных. В основе формируемого информационного обеспечения – группы источников, перечисленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Классификация общедоступных источников данных

Тип исходных данных	Источник
Официальная государственная статистика и переписи населения	• Территориальные органы Федеральной службы государственной статистики [99]; • итоги Всероссийской переписи населения (https://rosstat.gov.ru/vpn/2020); • Федеральная служба государственной статистики [102]; • Федеральная служба государственной статистики. Микроданные [103]
Официальные государственные/муниципальные данные и реестры	• материалы, предоставленные органами государственной власти и местного самоуправления (адресные реестры) [3, 4]; • портал пространственных данных «Национальная система пространственных данных» [58]; • публичный портал ИСОГД г. Перми [76]; • Государственная информационная система жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ) [25].; • Федеральная государственная информационная система территориального планирования [101]; • Фонд развития территорий [104]
Официальные муниципальные информационные ресурсы	• Администрация города Перми [3]; • Администрация Кудымкарского муниципального округа [4]; • Экономика Перми - Муниципальное образование город Пермь (https://www.gorodperm.ru/actions/main)
Оперативные данные городских служб и предприятий	• общественный транспорт города Перми [65]; • ОАО «РЖД» (https://www.rzd.ru/ru/9289); • ГБУЗ ПК «Пермская станция скорой медицинской помощи» [26]

Тип исходных данных	Источник
Открытые и краудсорсинговые геоданные	• NextGIS. Данные Реформы ЖКХ [30]; • данные OpenStreetMap в формате shape-файлов по субъектам Российской Федерации [29]
Коммерческие и проприетарные данные и сервисы	• данные сервиса Avito [2]; • карта Перми с улицами и номерами домов – Яндекс Карты [115]; • карта Перми: улицы, дома и организации города — 2ГИС [117]; • ЦИАН – база недвижимости [108]; • Данные сервиса ООО «Домклик» [31]; • «ДОМ.РФ» — финансовый институт развития в жилищной сфере [34]; • Сервис поиска персонала и публикации вакансий [86]
Литературные, архивные и картографические материалы	• государственные архивы; • исторические справочники, справочники по административно-территориальному устройству, научные статьи по тематикам и др.

Главным источником данных по-прежнему является официальная статистика, предоставляемая Территориальными органами Федеральной службы государственной статистики [102]. Сведения о численности населения, демографических показателях, основных экономических параметрах публикуются в разрезе муниципальных образований и административных районов. Стоит отметить, что официальная статистика предоставляет данные в формате, пригодном для расчета обобщенных показателей на уровне городских районов по ограниченному кругу показателей. Практическое применение официальной статистики для исследования микрорайонов, кварталов города, а также отдельных его объектов не представляется возможным, что говорит о необходимости поиска новых источников данных и вариантов их использования.

Данные официальных интернет-ресурсов органов местного самоуправления, реестры муниципальных и государственных данных, хоть и расширяют круг решаемых задач, позволяя проводить картографирование на более детальных городских уровнях, но также имеют и ряд существенных ограничений. Во-первых, публикуемые реестры, как правило, содержат только объекты, находящиеся в муниципальной собственности, без учета частного сектора. Во-вторых, информация часто неполная, не имеет единого стандарта описания и не привязана к единой пространственной основе, что затрудняет ее автоматизированную обработку. По-

лученные реестры представляли собой список объектов с их характеристиками и адресами, что потребовало исправлений: приведения адресов к одному виду для успешного геокодирования, исправления форматов числовых записей, заполнения пропусков, а также дополнения объектами частного сектора.

В условиях дефицита и ограничений официальных данных на внутригородском уровне ключевую роль приобретают открытые и краудсорсинговые данные, в первую очередь – проект OSM, предоставляющий детализированную информацию о планировке города: уличной сети, контурах зданий, а также о широком спектре объектов инфраструктуры (магазины, учреждения, остановки транспорта) с атрибутами. Данные OSM постоянно актуализируются сообществом, что обеспечивает их высокую оперативность [70]. Недостатком OSM является неравномерность качества и полноты покрытия в разных районах города, что также исправлялось верификацией и актуализацией данных.

Оперативные данные городских служб и предприятий представляют собой источник информации, поступающий в режиме, близком к реальному времени (загруженность дорожно-транспортной сети, аварии и т. п.). Формируются профессиональными службами в рамках их прямых обязанностей, что минимизирует субъективные ошибки, но в то же время их использование ограничено зоной ответственности конкретной службы и не дает целостной картины городской среды. Выгрузки данных представляют собой «слепки» информационных систем на определённый момент времени, зачастую в ручном режиме, которые впоследствии не обновляются в реальном времени, но предоставляют структурированные массивы информации, охватывающие всю совокупность объектов исследования.

Перспективным источником для картографирования рынка недвижимости и потребительского поведения являются коммерческие данные. В исследовании в качестве такого источника использовались данные сервиса «Avito» [2], сбор которых осуществляется методом автоматизированного парсинга [114] и геокодирования (с использованием модуля OSM Nominatim [127]). Полученный массив исходных данных требует существенной предобработки ввиду присущих ему недостатков: множественных дубликатов объявлений, ошибочных записей (смещённая

или некорректная геометрия, неполные атрибуты) и объявлений (объявления об аренде в выборке о продаже). Только после их устранения данные становятся пригодными для получения пространственных сведений о стоимости жилья, локализации и ценовых сегментах объектов, формируя основу для последующего картографического анализа. Данные картографических сервисов (Яндекс.Карты, 2ГИС [115, 117]) могут также использоваться для актуализации информации, уточнения адресного реестра и классификации объектов [109, 123].

Еще одним важным источником, особенно для культурного наследия городов, являются литературные, архивные и картографические материалы: исторические справочники, планы и карты города разных лет, научные публикации по социально-экономической географии. Они служат основой для тематического картографирования культурного наследия и исторической среды [8, 11, 33].

Выбор источников данных носит обоснованный характер, исходя из критериев, актуальных для задач картографирования городской среды: достоверность, пространственная детализация, доступные характеристики и актуальность. В результате была определена первостепенная роль данных в городских картографических исследованиях.

Официальная государственная статистика и данные переписи населения, муниципальные информационные ресурсы формируют нормативный каркас, выступая в роли проверочных данных, например о населении города или социальной инфраструктуре. Открытые и краудсорсинговые геоданные, оперативные данные городских служб и предприятий, муниципальные данные и реестры использовались для наполнения динамичных тематических слоев (объекты торговли, общественное питание и др.) позиционной и непозиционной информацией. Коммерческие и проприетарные данные и сервисы послужили основой для верификации данных и их дополнения.

Таким образом, ни один из источников не является самодостаточным. Информационная основа для картографирования городской среды формируется путем интеграции данных из всех перечисленных групп. Официальные источники задают нормативный каркас и статистический фундамент. Открытые и коммерческие данные обеспечивают необходимую детализацию и актуальность на уровне микрорайонов, кварталов и отдельных объектов. Данные ДЗЗ, полевых обследо-

ваний и проприетарные сервисы выполняют верифицирующую и уточняющую функцию. Синтез этих разнородных потоков информации в единой картографической базе данных представляет собой основную методологическую задачу, решаемую в рамках данной работы.

2.2 Создание картографической базы данных и цифровой картографической основы

Многообразие и разнородность источников данных, описанных в предыдущем подразделе, обуславливают необходимость их системной интеграции в единой структуре. Такой структурой выступает картографическая база данных (КБД) [71].

В ГИС и геоинформационном картографировании пользователи рассматривают реальный мир через призму тематической базы данных [51]. КБД служит информационной основой, в том числе и для картографирования городской среды, а также решает ряд иных задач. К таким задачам относятся: систематизация, интеграция и хранение разнородной пространственной информации о компонентах городской среды, информационное обеспечение картографирования и пространственного анализа. Эффективность систематизации и хранения достигается за счет рациональной структуры базы данных, определяемой логичным составом исходных данных и тематическим содержанием картографических материалов. На практике это реализуется благодаря формированию системы взаимосвязей в КБД между группами объектов средствами СУБД и ГИС. При создании КБД для целей тематического или атласного картографирования, она должна соответствовать таким требованиям, как единство математической основы, согласованная картографическая основа для серий карт, ряд сопряженных масштабов (исходя из размеров города и уровня детализации отображаемых явлений), единые принципы генерализации и семантической гармонизации [82, 83].

Кроме того, решающим аспектом при проектировании системы хранения стало обеспечение возможности пополнения КБД данными из внешних источников. Например, синхронизация информации, реализация автоматизированного и полуавтоматического обновления данных об объектах социальной инфраструк-

туры из открытых реестров органов власти, актуализация дорожной сети и точек интереса (POI) из OSM, интеграция новых данных дистанционного зондирования.

Информационное обеспечение картографирования заключается в реализации возможностей обработки информации из КБД и представлении ее в виде электронных или печатных карт, а также в иных формах визуализации (графики, диаграммы, таблицы). Для удобства создания карт при проектировании КБД была детально проработана ее структура, которая организована в виде системы разделов по тематике (например, «Демография», «Транспорт», «Жилищный фонд»). Разделы связываются между собой посредством СУБД через общие ключевые поля (уникальные идентификаторы районов, кварталов, адресов).

Разработанная и реализованная логическая структура КБД основана на разделении на базовый и тематический блоки. Ключевым отличием предложенной структуры является ее модульность, позволяющая независимо обновлять разделы и настраивать связи между ними через систему единых ключей (уникальные ID кварталов, названия районов и микрорайонов, адресов объектов). При этом независимое обновление разделов возможно благодаря использованию перечня пространственных ключей, обновляемого централизованно.

Пространственная информация в базе данных представлена преимущественно в векторных и растровых форматах. Непозиционные данные чаще всего представляют собой описательную информацию: таблицы, графики, фотоматериалы и др.

Базовый блок содержит векторные и растровые данные для создания универсальной цифровой картографической основы (ЦКО). Тематический блок – разделы:

- «Население», который включает данные о демографических показателях: численность, плотность, естественное и механическое движение, структура;
- «Транспорт» содержит данные о дорожной сети, маршрутах и остановках общественного транспорта, парковочном пространстве, интенсивности движения;
- «Жилищный фонд» представлен данными о типе, этажности, годе постройки зданий, стоимости жилья;

– «Социальная сфера» включает данные о размещении предприятий и организаций, размещении и характеристиках объектов образования, здравоохранения, культуры, спорта, торговли и услуг;

– «Общественные пространства» содержит данные об сегментах пешеходно-променадного каркаса, в том числе полигональных (парки, скверы, пешеходные площади) и линейных (набережные, пешеходные улицы, бульвары), объекты-аттракторы.

Тематические данные для картографирования городской среды изначально представлены в разных форматах и имеют разную структуру. КБД требует предварительную обработку и стандартизацию данных – приведение их к виду, удовлетворяющему логической структуре, тематическому содержанию и принципам построения КБД. В рамках данной работы предобработка включала такие операции, как геокодирование, обработка пропусков и ошибок в данных, конвертацию в нужный формат и систему координат, изменение структуры атрибутивного описания.

Официальная статистика обрабатывалась через агрегацию и пространственное соединение, числовые показатели, привязанные к административным районам, преобразовывались в атрибуты соответствующих полигональных слоёв КБД (административные районы).

Адресные реестры и данные муниципальных служб, после верификации, актуализации и дополнения по данным спутниковым снимкам и картографическим сервисам, геокодировались и добавлялись в КБД в виде атрибутивных таблиц или создавались точечные векторные слои.

Векторные слои OSM, изначально имеющие пространственную привязку, проецировались в выбранную систему координат, верифицировались, проходили топологические проверки, атрибутивные описания преобразовывались в единую внутреннюю классификацию исследования, а избыточные или нерелевантные объекты исключались. Кроме того, такие объекты, как дорожная и гидрографическая сеть, использовались для создания ЦКО, поэтому проходили процедуру генерализации по выбранным цензам и нормам отбора.

Коммерческие данные (на примере «Avito») после парсинга и геокодирования, чистились от дубликатов, проходили нормализацию текстовых полей, выяв-

ление и удаление выбросов. В КБД такие данные могут находиться в векторном представлении или в виде атрибутивных таблиц.

Таким образом, ключевой технической сложностью на этапе наполнения КБД стала предобработка данных, а именно работа с неструктурированными и неполными данными, такими как объявления с «Avito», реестрами и данными муниципальных служб, а также процессы верификации. В то же время это позволило преобразовать весь массив данных в структурированные пространственные слои, пригодные для анализа городской среды (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Структура и наполнение КБД

Блок КБД	Раздел	Описание данных и источники
Базовый	Универсальная цифровая картографическая основа	Векторные данные: административные границы, микрорайоны, кварталы городской застройки, типы застройки (жилая и промышленная), гидрографическая сеть, населенные пункты за пределами города, уличная сеть в городе и дорожная сеть за пределами города
		Растровые данные: топографические карты населенных пунктов и окрестностей масштаба 1: 25 000 – 1: 100 000, спутниковые снимки Sentinel-2 и снимки сверхвысокого пространственного разрешения, служащие для визуального контроля и актуализации [32, 93]
Тематический	Население	– итоги Всероссийской переписи населения 2020 г. (https://rosstat.gov.ru/vpn/2020); – Федеральная служба государственной статистики [102]; – NextGIS. Данные Реформы ЖКХ [30]
	Транспорт	– общественный транспорт муниципальных образований (https://gortrans.ru/); – СИМЕТРА Групп. Рейтинг городов России по качеству общественного транспорта [89]; – сетевое издание Официальный сайт муниципального образования город. Транспорт [65]
	Жилищный фонд	– данные OSM в формате share-файлов по субъектам Российской Федерации [29]; – российский интернет-сервис для размещения объявлений Avito.ru [2]
	Социальная сфера	– администрация города [3]; – государственные вузы Перми (https://perm.postupi.online/vuzi/vuzgos-da/); – колледжи Перми с бюджетными местами (https://college.edunetwork.ru/59/37/?free=y); – Министерство здравоохранения Пермского края. (https://minzdrav.permkrai.ru); – Министерство образования и науки Пермского края (https://minobr.permkrai.ru); – Рейтинговое агентство RAEX. Лучшие школы Пермского края (https://raex-rr.com/education/school_regions/Perm_Territory/2023/); – Сетевое издание Официальный сайт муниципального образования (https://www.gorodperm.ru/about/symbols/); – Федеральная служба государственной статистики [102]

Блок КБД	Раздел	Описание данных и источники
	Общественные пространства	– данные OSM в формате share-файлов по субъектам Российской Федерации [29]; – карта Перми с улицами и номерами домов – Яндекс Карты [115]; – карта Перми: улицы, дома и организации города — 2ГИС [117]

По результатам разработки КБД, создаются типовые ЦКО для конкретного населенного пункта. Размеры и ориентация листа, масштабы и экстенд обусловлены конфигурацией муниципального образования. Внимание обращается на протяженность города, его ориентацию и расположение культурно-делового центра.

Так, например, по результатам разработки картографической основы созданы типовые компоновки карт в масштабах 1 : 125 000 и 1 : 300 000 для г. Перми. Эти масштабы обеспечивают отображение всей территории города на листах альбомной ориентации в формате А3 и А5 соответственно. А для г. Кудымкара необходима ЦКО в масштабе 1 : 55 000 на листе книжной ориентации в формате, близкому к А4 (рисунки 2.1, 2.2).

С учетом большой протяженности Перми вдоль р. Камы (свыше 50 км) и концентрации большинства объектов сферы услуг и социальной инфраструктуры в его относительно компактной центральной части (протяженность не более 15 км) также создана картографическая основа города в масштабе 1 : 40 000.

Таким образом, процесс создания КБД для картографирования городской среды происходит в виде технологической цепочки: проектирование логической структуры (блоки, разделы, связи) → сбор и предобработка данных из разнородных источников → наполнение базы данных и построение связей → создание метаданных. Сформированная КБД служит единым источником для генерации всего спектра картографических продуктов, обеспечивая их сопоставимость, актуальность и аналитическую глубину [112].

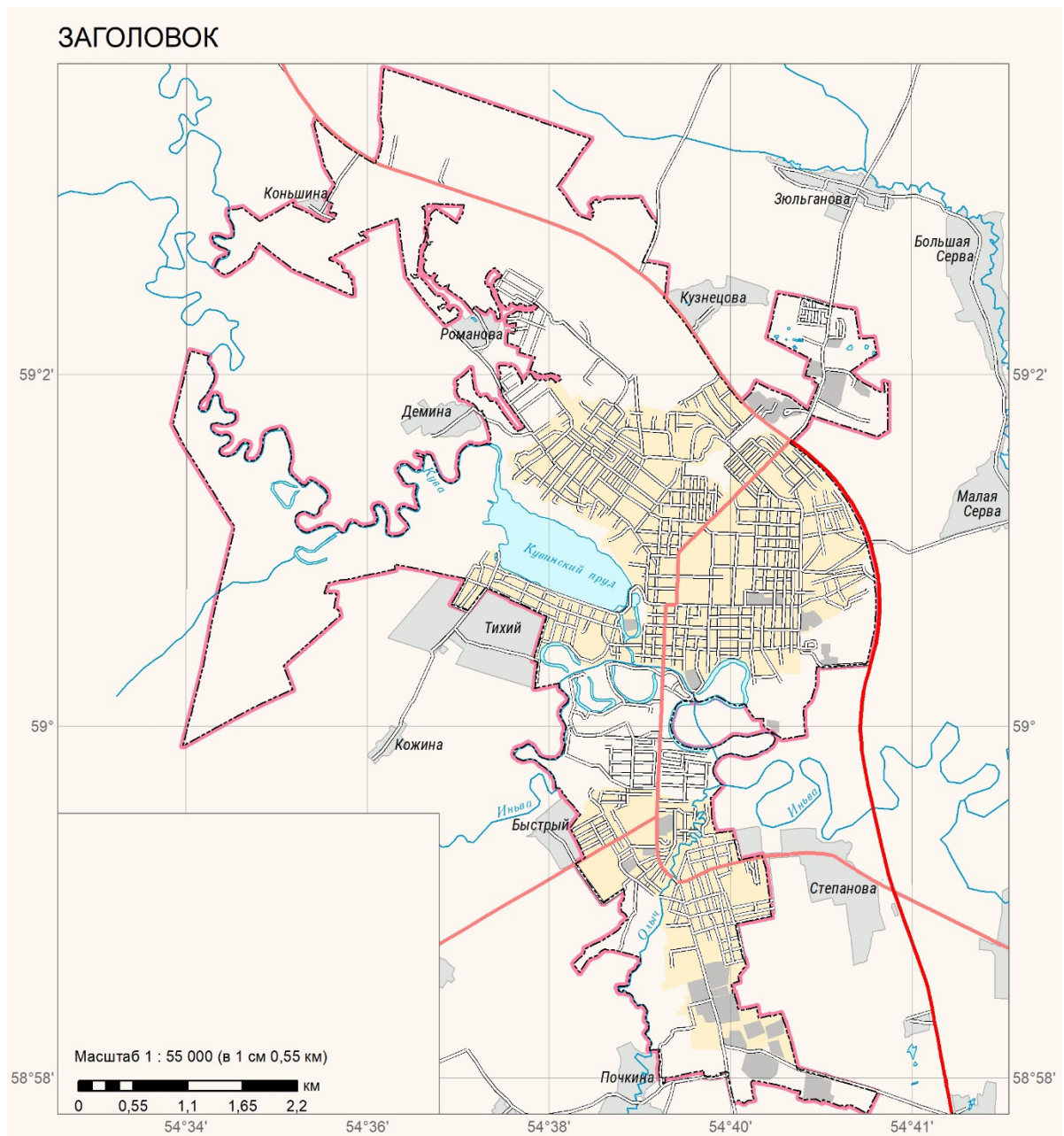


Рисунок 2.2 – Цифровая картографическая основа г. Кудымкар

Таким образом, ключевыми критериями разработанной структуры КБД выступают полнота, правильная организация, актуальность, достоверность и удобство использования хранимой информации. Достижение данных свойств невозможно без проектирования рациональной структуры БД, которая представляет собой оптимальную схему хранения данных, обеспечивающую минимальную избыточность, целостность и высокую производительность доступа [97].

База данных обладает полнотой, так как содержит данные по всем пяти ключевым компонентам городской среды. Полнота определяется как способность ло-

гической модели охватывать все сущности и атрибуты заданной предметной области без потери информации [121]. Таким образом, наличие в разработанной КБД данных по пяти ключевым компонентам городской среды свидетельствует о том, что она содержит все необходимые данные, что является прямым следствием применения рационального подхода к проектированию.

Рациональная структура БД требует четкой организации данных, которая реализуется через два ключевых принципа: реляционную модель и нормализацию. Согласно реляционной модели, предложенной Коддом, данные представляются в виде таблиц (отношений), а связи между ними устанавливаются посредством первичных и внешних ключей [120]. Нормализация отношений определяется не просто набором хранимых значений, а семантикой данных — теми зависимостями и правилами, которые они отражают. Правильно выполненная нормализация позволяет устранить определенные виды избыточности данных, избежать аномалий обновления, создать структуру, интуитивно понятную для пользователей, упростить контроль соблюдения правил целостности [121].

В разработанной структуре КБД правильная организация достигается за счёт модульной структуры с четкой иерархией и связями через единые ключи (наименование районов, микрорайонов и адреса объектов).

Актуальность данных поддерживается благодаря механизмам регулярного обновления от городских служб. Хотя актуальность данных, как атрибут качества, не является прямой характеристикой самой структуры, однако рациональная структура создает необходимые предпосылки для её поддержания, минимизируя избыточность и упрощая процесс актуализации данных [120].

Удобство использования обеспечивается интуитивно понятной структурой, дающей быстрый доступ к информации. Удобство использования и быстрый доступ к информации являются следствием двух аспектов рационального проектирования: логической ясности схемы и её физической оптимизации.

Модульность в сочетании с четким определением сущностей и их атрибутов позволяет любому пользователю или разработчику быстро понять логику хранения данных [121].

В то время как рациональная структура включает не только логическое, но и физическое проектирование, правильный выбор структур хранения оказывает фундаментальное влияние на производительность системы [125]. Индексация часто запрашиваемых полей (например, по наименованию района, адресу объекта) является прямым следствием рационального подхода, позволяя сократить время выполнения запросов, что критично для систем оперативного управления городской инфраструктурой.

Достоверность достигается за счет использования официальных источников данных и проверки неофициальной информации.

Таким образом, все рассмотренные критерии — полнота, правильная организация, актуальность и удобство использования — являются прямым следствием применения принципов рационального проектирования базы данных (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Оценка соответствия разработанной структуры картографической базы данных критериям рациональности

Характеристика	Описание	Соответствие
Полнота	Чем полнее база данных, тем вероятнее, что она содержит нужную информацию (однако, не должно быть избыточной информации)	БД содержит исчерпывающие данные по пяти ключевым компонентам городской среды: население, транспорт, жильё, социальная сфера и общественные пространства, что позволяет проводить комплексный анализ г. Перми
Правильная организация	Чем лучше структурирована база данных, тем легче в ней найти необходимые сведения	Структура БД основана на модульном принципе с четкой иерархией и связями через единые ключи, что обеспечивает логичную навигацию и целостность данных
Актуальность	Любая база данных может быть точной и полной, если она постоянно обновляется, т.е. необходимо, чтобы база данных в каждый момент времени полностью соответствовала состоянию отображаемого ею объекта	БД поддерживается в актуальном состоянии с возможностью регулярного обновления данных от различных городских служб и департаментов, последние обновления 2025 г.
Достоверность	Характеристики данных, содержащиеся в БД, отражают степень их соответствия реальному состоянию объектов и процессов, которые они описывают	БД содержит официальную государственную статистику, данные и реестры, которые поддерживаются в актуальном состоянии. Открытые, общедоступные и краудсорсинговые гео-данные верифицируются на основании первых
Удобство для использования	База данных должна быть проста и удобна в использовании и иметь развитые методы доступа к любой части информации	БД имеет интуитивно понятную структуру, обеспечивая быстрый доступ к любой информации

Таким образом, информационная основа и подход к созданию картографической базы данных, представленные в 2.1 и 2.2, применимы к городам различного типа и размера. Это подтверждается их успешной апробацией на двух контрастных примерах: крупнейший город Пермь и малый город Кудымкар [91].

Ключевые типы данных (официальная статистика, OSM, муниципальные реестры, коммерческие агрегаторы) доступны для подавляющего большинства населенных пунктов России. Масштабы и детализация данных (например, от топографических карт 1 : 25 000 до 1 : 100 000) подбираются под размер города. Методы предобработки, проектирования модульной структуры КБД и построения цифровой картографической основы реализуются стандартными средствами современных ГИС и не зависят от конкретной территории.

Прикладным результатом данной методологии стала разработка полного комплекса картографических материалов (ЦКО и тематических слоёв), что на практике доказало её работоспособность и воспроизводимость.

2.3 Методы геоинформационного картографирования

Сформированная КБД представляет собой содержательную основу для пространственного анализа. Однако ключевой методической задачей является переход от массива данных КБД к целенаправленному исследованию пространственных закономерностей городской среды. Для решения этой задачи разработана и апробирована система методических рекомендаций (приложение А), которая формализует процесс создания тематической карты муниципального образования от постановки задачи и подбора исходных данных до выбора способа картографического изображения (система).

Основа системы — взаимосвязь пяти ключевых аспектов: компонент и подкомпонент городской среды, конкретные показатели, пространственная модель данных, топологические отношения и ограничения, рекомендованный способ картографического изображения. Такая взаимосвязь, заложенная в систему, позволяет заранее проектировать картографические сценарии под конкретные исследовательские или прикладные задачи.

Разработанная система, позволила не только формализовать сценарии картографирования, но и структурировать весь спектр используемых геоинформационных методов. Сформированы три группы этапов, которые приведут к решению конкретных пространственных задач.

Группа 1. Контроль геометрических свойств и топологической целостности данных. Данная задача реализована через систему правил для объектов и их взаимосвязей, которые нацелены на выявление и предупреждение ошибок, возникающих при картографировании. Во-первых, четко определена геометрия данных, для каждого подтипа и показателя предусмотрена оптимальная модель данных (точки для ДТП, линии для дорог, полигоны для кварталов и т. п.). Во-вторых, заданы топологические отношения внутри компонентов городской среды, которые в том числе реализуются непосредственно через КБД, путем создания в отдельных наборах данных класса «топология», формализуя правила («дороги должны быть соединены узлами», «здания не пересекаются», «остановки находятся в пешеходной доступности от дорог»). В-третьих, обеспечен контроль атрибутивной согласованности через правила, которые прописаны в виде нормативных ограничений (например, «мощность объекта должна соответствовать нормативной нагрузке» для социальной сферы).

Данная группа является базовой, без её реализации последующий анализ может быть искажен ввиду возможных ошибок. Она наиболее строго формализована для компонентов «Транспорт» и «Жилищный фонд».

Группа 2. Пространственный анализ и расчёт производных показателей. Сосредоточены на расчёте исходных данных в конкретные показатели для выявления пространственных закономерностей распределения объектов и явлений в городской среде. В основе расчёта доступности, обеспеченности, зон обслуживания (для социальной сферы, транспорта, общественных пространств) лежат методы геообработки, зонирования и буферизации. Расчёт плотности, густоты сети, средней величины происходит путём агрегации статистических данных по полигонам (плотность населения, густота дорожной сети, средняя цена в конкретном квартале). Создание растровых слоёв происходит с использованием интерполяции

и построения поверхностей (тепловые карты плотности, поверхности доступности, уровня шума). Расчёт маршрутов, изохрон, оптимального размещения – методами сетевого анализа.

Группа 3. Тематическая визуализация и картографическое представление. Определяют способы картографического изображения. Для количественных показателей на территориальной основе используются картограммы и количественный фон. Для отображения локализации и характеристик объектов (территорий) – способ значков, линейных знаков и качественный фон. Для показа непрерывных полей и интенсивности – изолинии с послойной окраской или псевдоизолинии. Способ картографического изображения зависит от выбора и использования методов из второй группы. Система устраняет субъективность этого выбора, связывая тип показателя с оптимальными способами его визуализации.

Выявлены особенности геоинформационного картографирования каждого компонента городской среды, которые представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Особенности картографирования компонентов городской среды

Компонент городской среды	Особенности
Население	Преобладает статистическая агрегация и пространственная интерполяция для перехода от точечно-привязанных данных к площадным показателям, с визуализацией через картограммы и тепловые карты
Транспорт	Основу составляют сетевой анализ на корректных топологических отношениях. Визуализация комбинированная: линейные знаки, изолинии и псевдоизолинии, способ значков
Жилищный фонд, социальная сфера	Доминируют оверлейные операции и инструменты буферизации для оценки обеспеченности и доступности, а также инструменты геообработки. Визуализация преимущественно: картограммы и количественный фон, диаграммы, значки
Общественные пространства	Сочетание пространственного и сетевого анализа. Визуализация через ареалы, значки, изолинии и картограммы.

Система задает четкий алгоритм за счет декомпозиции каждого компонента городской среды, который последовательно раскладывается на ключевые аспекты. Таким образом, выбрав нужный показатель (объект или тему) пользователь,

руководствуясь матрицей, следует определенному сюжету, который определяет шаги для создания картографического произведения.

Проиллюстрируем работу системы на примере компонента *«Население»*, подкомпонент *«Размещение и плотность»*, показатель *«Плотность населения»*. Пространственный тип: данные могут быть представлены в виде точечных или полигональных слоев (отдельные дома, городские кварталы, микрорайоны, районы), а также в растровом представлении – поверхности плотности. Топологические ограничения: полигоны кварталов, микрорайонов и административных районов не должны иметь разрывов, точечные объекты населения (жилые дома) должны находиться внутри полигонов, растровые поверхности плотности должны покрывать всю жилую территорию. Способы картографического изображения: основные — картограмма или количественный фон. Альтернатива для растровых поверхностей — тепловая карта.

Пример для компонента *«Транспорт»*, подкомпонент *«Доступность общественного транспорта»*, показатель *«Доступность»*. Пространственный тип: точечные (остановки) и линейные (маршруты) слои, которые при необходимости трансформируются в растр доступности (изохроны) с помощью сетевого анализа. Топологические ограничения: остановки должны быть топологически связаны с дорожной сетью; дорожный граф не должен содержать разрывов. Способы картографического изображения: изолинии (изохроны).

Решение конкретных задач можно также проиллюстрировать в виде схем. Например, *«Оценка обеспеченности дошкольными образовательными учреждениями (ДОУ) в городе»* (рисунок 2.3).

Эта логика, заложенная в систему, минимизирует субъективность при выборе методов и сценариев исследований и обеспечивает воспроизводимость картографических исследований для любого города.

Предложенная классификация на основе системы методических рекомендаций, обладает научной новизной, так как построена на логике решения конкретных задач картографирования городской среды.



Рисунок 2.3 – Оценка обеспеченности
дошкольными образовательными учреждениями

Практическая ценность заключается в том, что данная система работает как алгоритм:

- 1 Задаётся компонент и показатель, из таблицы автоматически следует рекомендуемый пространственный тип и топологические правила (группа 1).
- 2 Характер показателя (доступность, плотность, локализация) определяет выбор метода пространственного анализа (группа 2).
- 3 Результат анализа (индекс, линейный объект, поверхность) однозначно определяет набор возможных способов картографического изображения (группа 3).

Таким образом, разработанная система и проведённая на её основе классификация представляют собой завершённый алгоритм. Он формализует процесс от исходных данных до итоговой карты, обеспечивая обоснованность, воспроизводимость и сопоставимость результатов геоинформационного картографирования городских территорий.

Разработанная система структурирует процесс геоинформационного картографирования городской среды. Она позволяет:

- типизировать задачи картографирования по компонентам и показателям;
- обоснованно выбирать инструменты пространственного анализа и визуализации, исходя из природы данных и решаемой задачи;
- проектировать картографические сценарии, сочетающие несколько методов для получения интегральных оценок (например, карта комфортности среды, объединяющая данные по экологической ситуации, транспорту и благоустройству);
- обеспечивать сопоставимость карт, созданных для разных городов или в разное время.

Представленная система является не просто классификацией, а практическим инструментом, который лег в основу создания серии тематических карт в рамках данной работы и обеспечивает перспективу дальнейшей работы.

2.4 Выводы по второму разделу

Проведённая работа по формированию информационной основы исследования, созданию КБД и разработке алгоритма геоинформационного картографирования городской среды позволили сделать следующие выводы, раскрывающие решение ключевых методологических задач:

- сформирована и научно обоснована информационная основа для картографирования современной городской среды. В качестве оптимальной стратегии преодоления дефицита и противоречивости данных предложена критическая оценка и иерархии источников, которые предполагают интеграцию официальных статистических данных (нормативный каркас), краудсорсинговых и коммерческих данных (оперативная детализация), картографических сервисов и материалов дистанционного зондирования (верификация) в единый информационный поток;
- разработана и реализована структура КБД для картографирования городской среды, обладающая рациональной структурой по критериям полноты, организации, актуальности, достоверности и удобства использования. Её ключевыми

особенностями являются: модульность, разделение на базовый (универсальная цифровая картографическая основа — ЦКО) и тематический блоки, а также система связей через единые пространственные ключи. Созданная КБД является единым, непротиворечивым источником для картографирования основных компонентов городской среды;

- создана цифровая картографическая основа (ЦКО) в виде серии согласованных картографических материалов в типовых масштабах (1 : 40 000, 1 : 125 000, 1 : 300 000), учитывающих пространственную специфику города (протяженность, компактность центра). ЦКО обеспечивает единое математическое и картографическое основание для всех тематических карт, гарантируя их сопоставимость и аналитическую ценность;

- на основе систематизации практического опыта разработана и апробирована классификация методов геоинформационного картографирования, выведенная из логики решения конкретных задач. Классификация структурирует их в три взаимосвязанные группы: 1) обеспечения пространственной целостности данных, 2) пространственного анализа и расчёта производных показателей, 3) тематической визуализации. Для каждого компонента городской среды (население, транспорт и др.) выявлен характерный «методологический профиль»;

- главным результатом главы является создание целостной системы методических рекомендаций для картографирования городской среды. Система представляет собой алгоритмизированную систему, формализующую процесс от выбора показателя и данных через применение методов анализа данных к обоснованному выбору способа картографического изображения. Данная система обеспечивает воспроизводимость, сопоставимость результатов и существенно снижает субъективность при создании городских тематических карт.

Таким образом, во втором разделе также создан универсальный, воспроизводимый научно-практический инструментарий. Его апробация на «контрастных» городах подтвердила применимость для перехода от неструктурированных данных к картографическому анализу городской среды любой размерности, что составляет основу для последующего пространственного анализа.

3 МЕТОДЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

3.1 Население

Картографирование населения на современном этапе ограничено источниками данных, среди которых первое место занимает официальная статистическая информация и данные переписи населения. Дело в том, что они пригодны для использования только в том случае, когда необходимо визуализировать данные на уровне городских районов или города в целом. Для более подробных исследований, как это писалось выше, стали использовать новые виды данных.

В соответствии с разработанной системой методических рекомендаций (см. приложение А), объектом картографирования в данном разделе выступает компонент «Население», включающий следующие подкомпоненты:

- размещение и плотность населения — пространственное распределение жителей по территории города;
- естественное движение населения;
- миграция и мобильность.

В рамках данного раздела основное внимание уделено размещению и плотности населения, поскольку эти показатели являются базовыми для большинства прикладных задач, в том числе развития социальной инфраструктуры и пространственного анализа.

3.1.1 Картографирование демографических показателей на основе официальных статистических данных

Метод основан на использовании официальных статистических данных (Пермьстат) и позволяет получить обобщенную картину пространственного распределения населения, его естественного и механического движения на уровне административных районов.

Для картографирования определены следующие показатели (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Показатели для картографирования населения

Показатель	Единица измерения	Содержание
Численность населения	%	Доля численности населения района, в процентах от общей численности населения города
	%	Относительный прирост (убыль) населения, по районам
Естественное движение	чел.	Число родившихся и умерших, по районам
	чел. на 1 000 чел.	Естественная убыль, по районам
	чел.	Численность прибывших и выбывших, по районам
Механическое движение	чел. на 10 000 чел.	Миграционный прирост (убыль), по районам

КБД для исследования включает:

- базовый блок — векторные полигональные слои административных районов г. Перми [76];
- тематический блок — атрибутивные данные с внесенной официальной статистикой по демографическим характеристикам [99].

При проведении пространственного анализа учитываются топологические правила и ограничения: полигоны районов не должны иметь пробелов и пересечений.

В результате созданы три карты, содержащие данные о численности населения, относительном приросте (убыли), естественном и механическом движении — способы картодиаграмм и картограмм. Карты созданы путем визуализации атрибутивных данных, которые были получены из ежегодных статистических отчетов (рисунки 3.1–3.3).

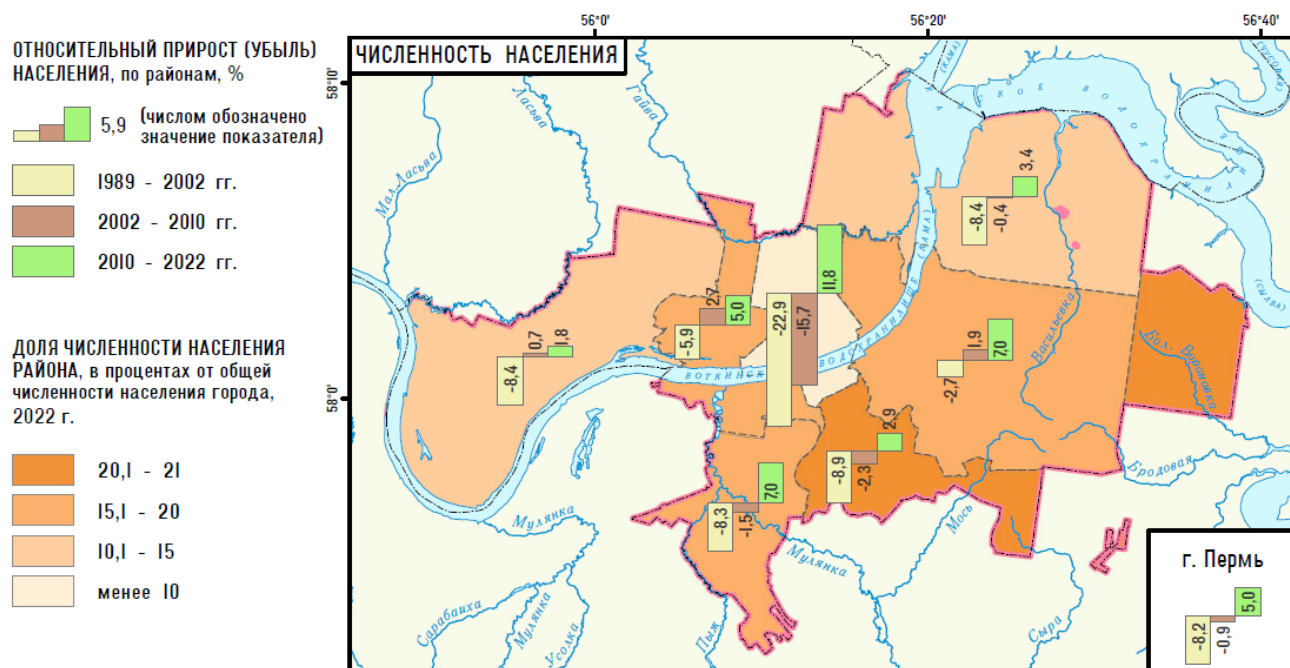


Рисунок 3.1 – Карта численности населения г. Перми

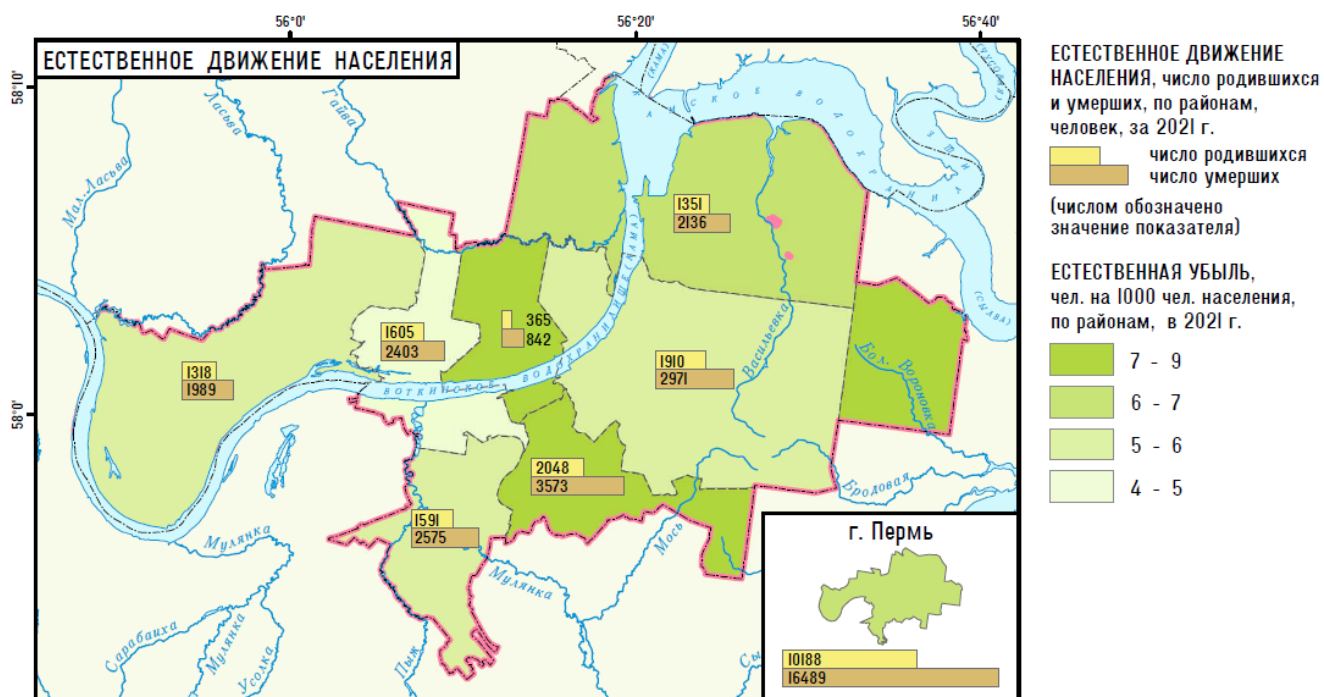


Рисунок 3.2 – Карта естественного движения населения г. Перми

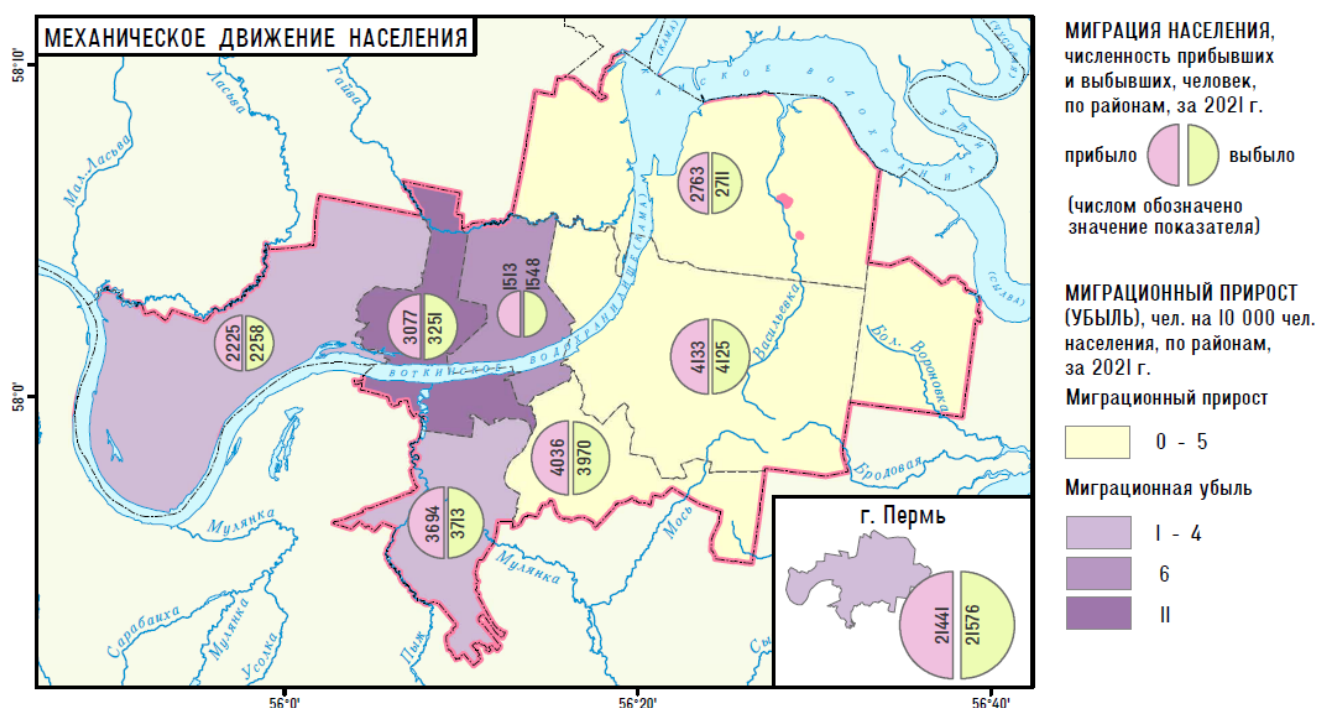


Рисунок 3.3 – Карта механического движения населения г. Перми

Метод универсален и применим для любого города, имеющего административно-территориальное деление.

3.1.2 Определение численности населения по данным о жилой застройке

В условиях отсутствия официальной статистики на внутригородском уровне применен расчет численности населения по жилым домам на основе данных об общей жилой площади.

В 2010 г. в России стартовал проект «Реформа ЖКХ» [79], реализуемый Фондом содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства. За время существования проекта накоплена обширная база данных, включающая:

- сведения о выполняемых работах и предоставляемых услугах;
- данные об эксплуатации общего имущества дома;
- информацию об общих собраниях собственников;
- списки домов в управлении;

— общие сведения о каждом многоквартирном доме: адрес, количество этажей, численность населения, жилая площадь, год постройки, количество квартир, подъездов и др.

Массив данных опубликован на сайте NextGIS [30] и представляет собой точечный слой жилых многоквартирных домов, содержащий указанную атрибутивную информацию.

По данным Реформы ЖКХ, численность населения Перми в 2023 г. составила 766 743 человека. Данные охватывают почти все микрорайоны Перми, за исключением некоторых микрорайонов, а также территорий, занятых ИЖС и малоэтажной застройкой, промышленными или производственными территориями. По данным Пермьстата, численность населения г. Перми в 2023 г. составила 1 027 200 человек, что на 260 457 человек (25,4 %) больше данных Реформы ЖКХ. По этой причине готовые данные о численности населения по данным Реформы не использованы.

Расчет населения по жилым домам производится на основе их жилой площади. Атрибутивные данные о жилой площади Реформы ЖКХ были дополнены данными OSM, по которым произведен расчет площади недостающих домов. Жилая площадь рассчитана как площадь основания дома, умноженная на количество жилых этажей. Таким образом был получен полный точечный векторный слой жилых домов со значениями жилой площади.

Анализ атрибутивных данных Реформы ЖКХ показал, что в среднем на одного жителя приходится 27 м² общей площади жилого помещения. Для сравнения: согласно ст. 7 Федерального закона от 30.12.2012 № 283-ФЗ, норма предоставления площади жилого помещения составляет:

- 33 м² — на одного человека;
- 42 м² — на семью из двух человек;
- по 18 м² на человека — на семью из трёх и более человек.

Средневзвешенная норма, рассчитанная исходя из этих значений, составляет 24 м² на человека. Так, численность населения (S) в конкретном доме определялась по формуле:

$$S = \frac{A}{24}, \quad (3.1)$$

где S – численность населения в конкретном доме; A – общая жилая площадь здания в м²; 24 – средняя жилая площадь, приходящаяся в среднем на одного жителя согласно нормативу [62].

При расчёте данных с использованием нормы 24 м²/чел. численность населения Перми становится равной 1 030 184 человека, что достаточно близко к данным официальной статистики. Относительная ошибка данных представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Данные численности населения

Городской район	Расчётные значения по данным Реформа ЖКХ	Данные Пермьстат	Относительная ошибка, %
Дзержинский	173 830	173 700	0,07
Индустриальный	157 473	168 300	-6,43
Кировский	117 766	127 700	-7,77
Ленинский	57 946	45 000	28,77
Мотовилихинский	178 966	184 700	-3,11
Орджоникидзевский	119 955	113 900	5,32
Свердловский	224 248	213 900	4,84
Сумма	1 030 184	1 027 200	

Несмотря на хорошую сходимость рассчитанных показателей, остаются вопросы, требующие дальнейшего исследования: расчёта жителей и территории, включенные в состав исходных данных Реформы ЖКХ, обоснованность применения единой нормы жилой площади.

Картографирование населения на основе данных Реформы ЖКХ позволяет:

- перейти от традиционного картографирования по административным районам к более детальному пространственному анализу — на уровне кварталов и отдельных жилых домов, что критически важно для задач градостроительного планирования и анализа развития социальной инфраструктуры;
- использовать альтернативный источник данных — Реформу ЖКХ — для получения пространственно-привязанной информации о численности населения, что компенсирует недостаток официальной статистики на внутригородском уровне;

- применять расчёт на основе норм жилой площади. Предложенный пересчёт по норме 24 м²/чел. даёт высокую сходимость с данными Пермьстата на уровне города в целом и приемлемую на уровне отдельных районов;
- создавать картографические произведения на различных иерархических уровнях муниципального образования: районы – традиционный вариант работы с официальной статистикой, микрорайоны и кварталы — для детального пространственного анализа. Кроме того, в зависимости от административно-территориального устройства населенного пункта, отсутствие одного из уровней можно компенсировать возможностью картографирования на уровне квартальной сети;
- выявить ограничения источника данных: необходимость дополнительных исследований для уточнения норм жилой площади по типам застройки.

3.1.3 Определение численности населения по данным о жилой застройке на уровне квартальной сети

Показатель картографирования – численность населения (чел.). Квартальная сеть представляет собой полигональный слой, содержащий кварталы жилой, садоводческой и промышленной (производственной) застройки. Вместо квартальной сети, в зависимости от административно-территориального устройства, может быть рассчитана абсолютная или относительная численность населения в границах другой территориальной единицы (район, микрорайон) [94].

Векторный полигональный слой квартальной сети получен путем векторизации кварталов жилой и промышленной застройки г. Перми по данным Генерального плана Перми [21], Национальной системы пространственных данных (НСПД) [58], Яндекс.Карт [115] и 2ГИС [117].

КБД для исследования включает:

- базовый блок — векторный слой квартальной сети;
- тематический блок — точечный слой жилых домов с атрибутами (жилая площадь, численность жителей).

При проведении пространственного анализа учитывались следующие топологические правила и ограничения.

1 Для квартальной сети:

- кварталы не должны пересекаться;
- жилые дома должны находиться внутри полигонов жилых кварталов (пространственная привязка населения);
- промышленные и производственные территории исключены из расчётов численности населения.

2 Для точечного слоя жилых домов:

- для каждого дома рассчитаны данные о жилой площади;
- для верификации использовано проверка с официальными данными Пермьстата на уровне районов.

Расчет численности населения производится инструментами геообработки с последующей агрегацией по квартальной сети, способ картографического изображения – количественный фон (рисунок 3.4).

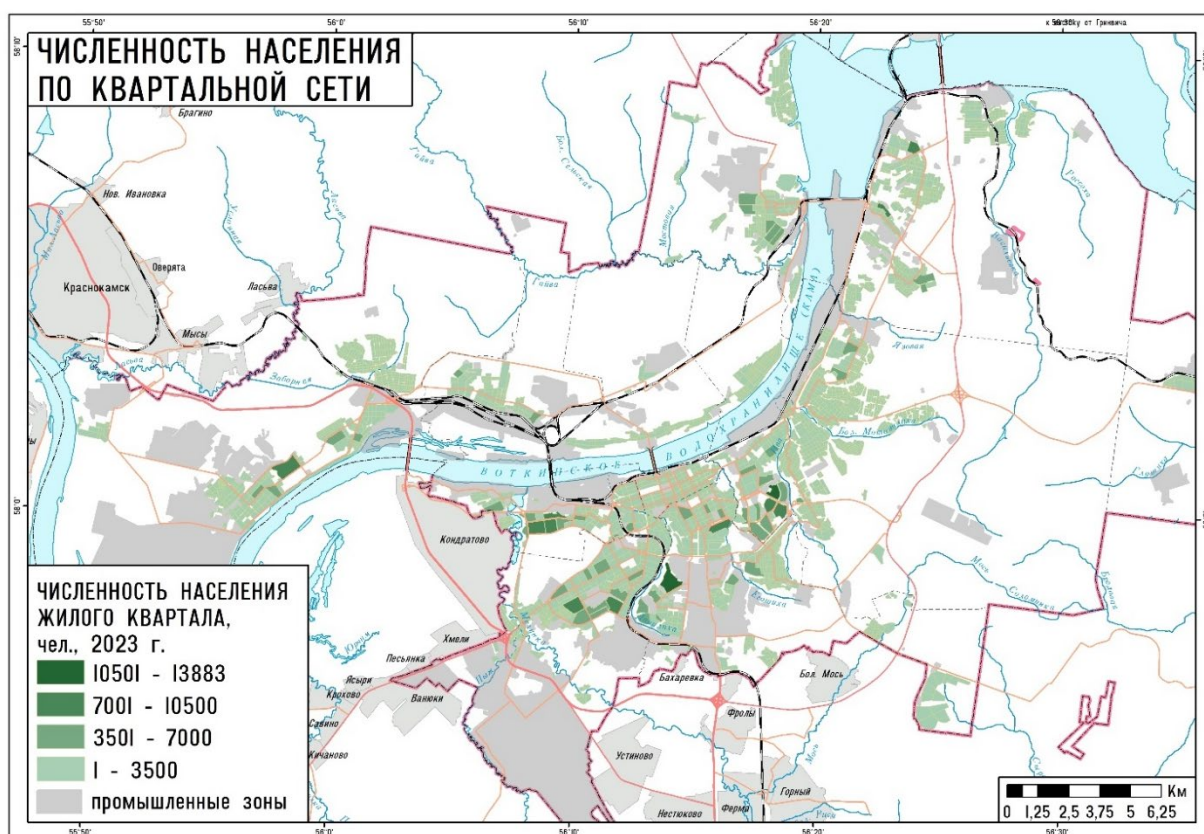


Рисунок 3.4 – Карта численности населения по квартальной сети г. Перми

Метод позволяет перейти от обобщенных районных показателей к более детальному пространственному анализу на уровне жилых кварталов и микрорайонов, что критически важно для задач градостроительного планирования и анализа развития социальной инфраструктуры.

3.1.4 Оценка плотности населения с использованием методов плотности ядер

Метод, основанный на оценке плотности ядер (Kernel Density), позволяет визуализировать плотность населения как непрерывное поле, сглаживая границы административных единиц и выявляя реальные зоны концентрации жителей.

Суть тепловой карты заключается в визуализации данных о плотности населения интенсивностью цвета (изолинии): чем насыщеннее оттенок территории, тем больше людей там проживает. Тепловая карта представляет расчет количества жителей в указанном радиусе на основе этажности и количества жилых зданий, попадающих в выборку. Другими словами, картографируется плотность населения (чел./км²).

Тепловая карта – растровое представление, производное от точечных данных жилых домов с рассчитанным показателем «численность жителей» в 3.1.2 [30, 29].

КБД для исследования включает:

- базовый блок — границы жилой застройки г. Перми;
- тематический блок — точечный слой жилых домов с атрибутами (жилая площадь, численность жителей), регулярная сетка.

При проведении пространственного анализа учитывались следующие топологические правила и ограничения:

- для каждого дома рассчитаны данные о жилой площади;
- для верификации использована проверка с официальными данными Пермьстата на уровне районов [99].

Для расчёта количества жителей создана сетка размером 100 на 100 м с метками в центре каждой ячейки сетки. Рассчитанный показатель количества жите-

лей в ячейке сетки передавался метке, которая использовалась в дальнейшем для расчёта плотности населения. Для визуализации плотности населения использовался инструмент «Плотность ядер», где выходные значения представляют значение плотности. Результатом работы инструмента является растр с размером ячейки 100. Из получившегося растра удалены нулевые значения, которые приходятся на промышленные или производственные территории (рисунок 3.5).

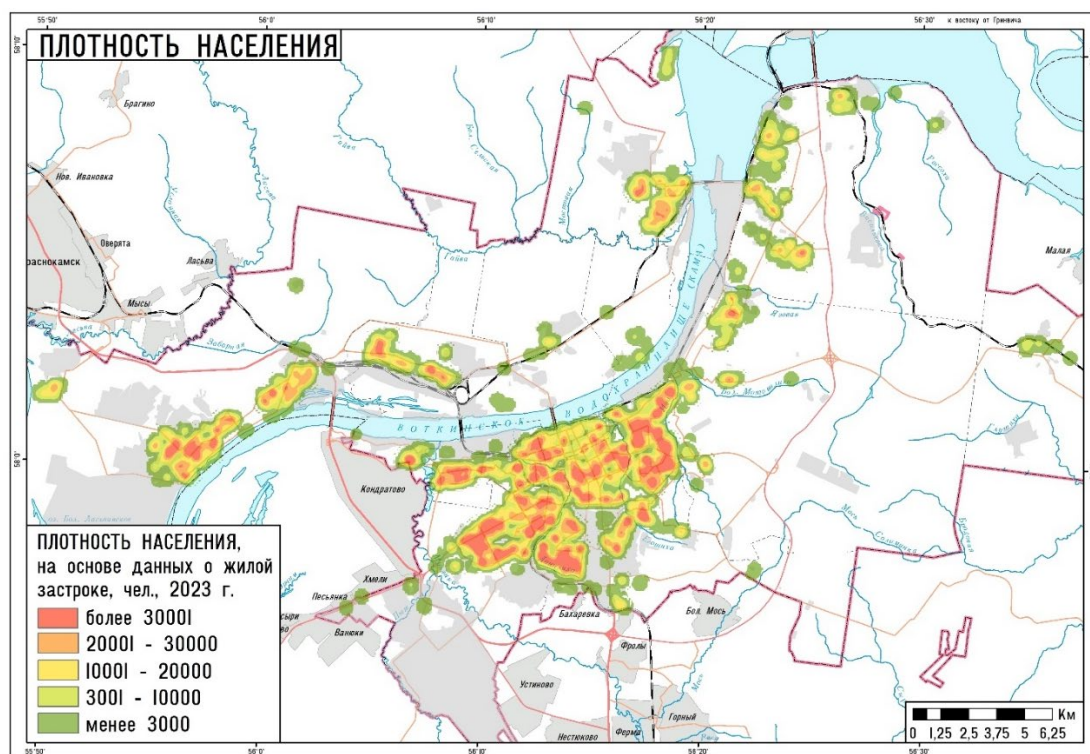


Рисунок 3.5 – Карта плотности населения г. Перми (тепловая карта)

3.2 Транспорт

В соответствии с разработанной системой методических рекомендаций (см. приложение А), объектом картографирования в данном разделе выступает компонент «Транспорт», включающий подкомпонент «Общественный транспорт».

В рамках данного раздела рассмотрен городской пассажирский транспорт. Картографирование направлено на отображение пространственной структуры дорожно-транспортной сети и ключевых транспортных узлов, которые являются основой для моделирования маршрутов и анализа связности территории.

*Картографирование сети общественного транспорта
на основе открытых и общедоступных источников данных*

Для картографирования определены следующие показатели (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Показатели картографирования социальной сферы

Показатель	Содержание
Вид транспорта	Автобус, трамвай, маршрутное такси, пригородный электропоезд
Трасса маршрута	Линейное представление пути следования
Конечные остановки	Точечная локализация с указанием номеров маршрутов
Транспортные узлы	Железнодорожные станции, речной порт, аэропорт
Состояние инфраструктуры	Участки реконструкции трамвайных путей (по состоянию на январь 2024 г.)

Пространственные типы данных для картографирования общественного транспорта г. Перми представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Типы пространственных данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных
Линии маршрутов	Векторный линейный слой	Общественный транспорт города Перми [65]
Конечные остановки	Векторный точечный слой	Общественный транспорт Перми [65], Яндекс.Карты [115]
Ж/д станции и остановочные пункты	Векторный точечный слой	РЖД Пассажирам [80], Яндекс.Карты [115]
Речной порт	Векторный точечный слой	Яндекс.Карты [115]
Аэропорт	Векторный точечный слой	Яндекс.Карты [115]

Топологические отношения и ограничения:

- для линий маршрутов: линии должны быть топологически связаны в местах пересадок и пересечений с другими маршрутами;
- для остановочных пунктов: точечные объекты должны находиться на линиях соответствующих маршрутов.

Карта городского пассажирского транспорта (рисунок 3.6) построена с использованием способа линейных знаков и значков, классифицированных по типам объектов. Линейные знаки с дифференциацией по виду транспорта (цвет: автобус, трамвай, маршрутное такси), значки с цифровой индексацией (номера маршрутов) и пиктограммы, что обеспечивает быстрое узнавание ключевых транспортных узлов.

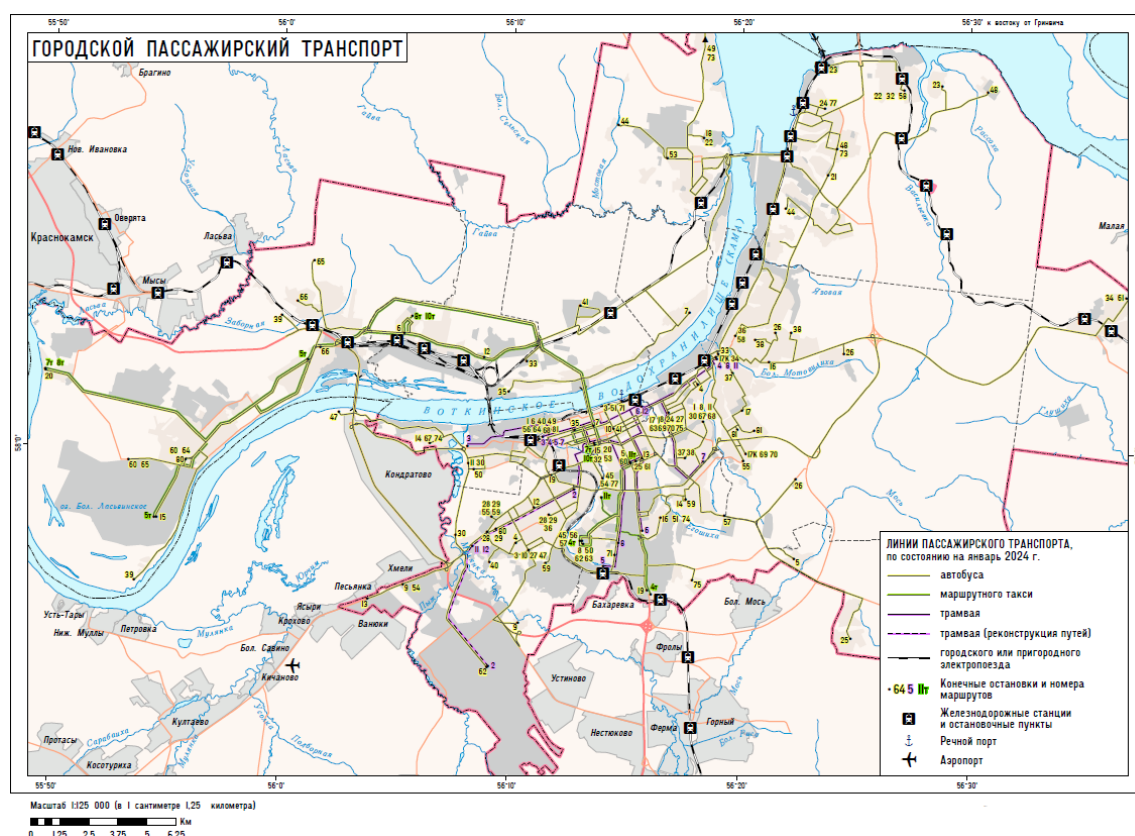


Рисунок 3.6 – Карта пассажирского транспорта г. Перми

Разработанная карта отображает:

- полную сеть общественного городского транспорта с разделением по видам транспорта;

- конечные остановочные пункты с привязкой маршрутов;
- внешние транспортные узлы (железнодорожные станции, остановочные пункты, аэропорт, речной порт);
- участки реконструкции трамвайных путей (на январь 2024 г.).

Карта может служить основой для дальнейшего анализа транспортной связности, доступности и планирования развития маршрутной сети.

3.3 Жилищный фонд

В соответствии с разработанной системой методических рекомендаций (см. приложение А), объектом картографирования в данном разделе выступает компонент «Жилищный фонд», включающий следующие подкомпоненты:

- рынок жилья;
- плотность застройки.

В рамках данного раздела рассмотрены два ключевых аспекта: пространственная дифференциация цен на жилье (на примере г. Перми) и плотности застройки (на примере г. Кудымкара), что позволяет продемонстрировать применимость разработанных методов для городов разного масштаба.

Картографирование стоимости жилья

на уровне квартальной сети на основе коммерческих данных

Для картографирования жилищного фонда определены следующие показатели (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Показатели картографирования социальной сферы

Показатель	Единица измерения	Содержание
Средняя цена 1 м ² на вторичном рынке жилья	руб./м ²	Средневзвешенная стоимость квадратного метра по данным объявлений о продаже Avito
Плотность застройки	%	Доля площади квартала, занятая жилыми и нежилыми строениями

Пространственные типы данных для картографирования представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Типы пространственных данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных
Квартальная сеть (Пермь, Кудымкар)	Векторный полигональный слой	Авторская векторизация по данным Генерального плана [21, 4], НСПД [58]
Жилые дома (контуры)	Векторный полигональный слой	OSM [29], 2ГИС (верификация) [117], ГИС ЖКХ [25]
Объявления о продаже жилья (Пермь)	Векторный точечный слой (после геокодирования)	Avito (парсинг данных) [2]

Топологические отношения и ограничения.

1 Для квартальной сети:

- полигоны кварталов не должны пересекаться;
- границы кварталов должны находиться строго внутри полигонов административных районов (при наличии).

2 Для жилых домов:

- контуры зданий должны находиться строго внутри полигонов соответствующих кварталов;
- здания не должны пересекаться друг с другом.

3 Для точечных объектов (объявления Avito):

- каждая точка должна быть уникально идентифицирована (дубликаты объявлений удалены на этапе предобработки);
- точки объявлений должны быть привязаны к адресу с точностью до дома/строения.

4 Ограничения, связанные с источниками:

- данные Avito отражают цену предложения, а не фактическую цену сделки, и могут содержать дубликаты, устаревшие объявления, выбросы (аномально высокие/низкие цены);

– для Кудымкара данные о жилой застройке могут быть неполными в OSM, требуется верификация по 2ГИС и ГИС ЖКХ.

Для картографирования стоимости жилья использованы данные Avito. Сервис объявлений Avito содержал 11 501 объявление о продаже жилой недвижимости в многоквартирных домах, первичный рынок – 6 580, вторичный – 4 921. Данные собраны на конец 2022 г. и систематизированы в виде таблиц, атрибутивные значения: адрес объекта, тип объекта, его стоимость, этаж. После парсинга исходные данные обработаны вручную и с помощью инструментов в Microsoft Excel: проверка структуры таблицы, удаление повторных и некорректных записей (выбросов). Выделены объекты, относящиеся к жилым квартирам. Отдельное внимание уделено нормализации адресов, так как Nominatim использует адресный реестр OSM, то формат адреса скорректирован согласно одноименной карте.

В результате обработки 11 501 объявления: удалено 1 610 дубликатов (14 %), 1 035 выбросов (9 %) и 460 (4 %) некорректных записей. По итогам очистки и предобработки получено 8 396 объявлений о продаже жилой недвижимости. После нормализации адресов геокодирование с использованием OSM Nominatim позволило получить 7 356 точечных объектов, потеря составила порядка 13 %.

Точность геокодирования, т. е. насколько близки полученные координаты к реальному местоположению объекта, составила 100 м, порядка 10 % точечных объектов не попали в границы квартальной сети, что в последующем исправлено вручную.

Для определения пространственных закономерностей цен на недвижимость г. Перми, проведен анализ кластеров и выбросов с использованием одноименного инструмента, который определяет пространственные кластеры объектов с высокими или низкими значениями, а также пространственные выбросы. В результате проведения анализа кластеров и выбросов построена карта (рисунок 3.7).

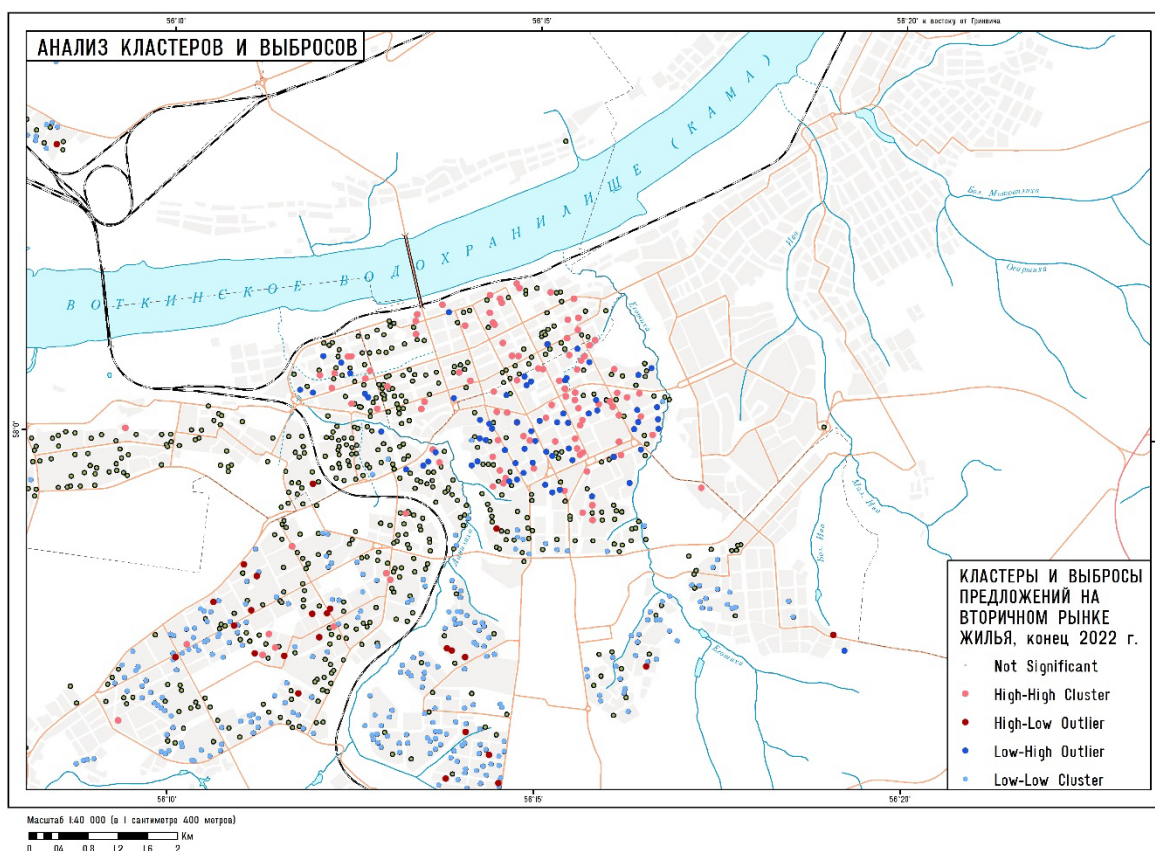


Рисунок 3.7 – Карта анализа кластеров и выбросов стоимости жилья на вторичном рынке недвижимости г. Перми

По результатам анализа определено распределение стоимости недвижимости
большого центра г. Перми:

- HH – пространственный кластер предложений с высокой стоимостью;
- LL – пространственный кластер предложений с низкой стоимостью;
- HL – предложение с высокой стоимостью в окружении низкой стоимости;
- LH – предложение с низкой стоимостью в окружении высокой стоимости.

Так, в кластер высоких значений попало 13 % предложений о продаже недвижимости, которые сконцентрированы преимущественно в культурном центре города. В кластер низких значений попало 15 % объектов, которые удалены от центра города. Выбросы распределились следующим образом: 1,5 % объектов относятся к высокому выбросу находятся в новых жилых комплексах, а также есть завышенные значения стоимости по отношению к аналогичным предложениям. Низкие значения выбросов составили 3 % объектов, находятся они в прилегаю-

щей к центру города территории и, вероятнее всего, это квартиры менее комфортабельные.

Далее, картографирование стоимости жилья на уровне квартальной сети осуществлено с использованием инструментов геообработки, для каждого квартала рассчитана средняя цена 1 м² жилья (рисунок 3.8).

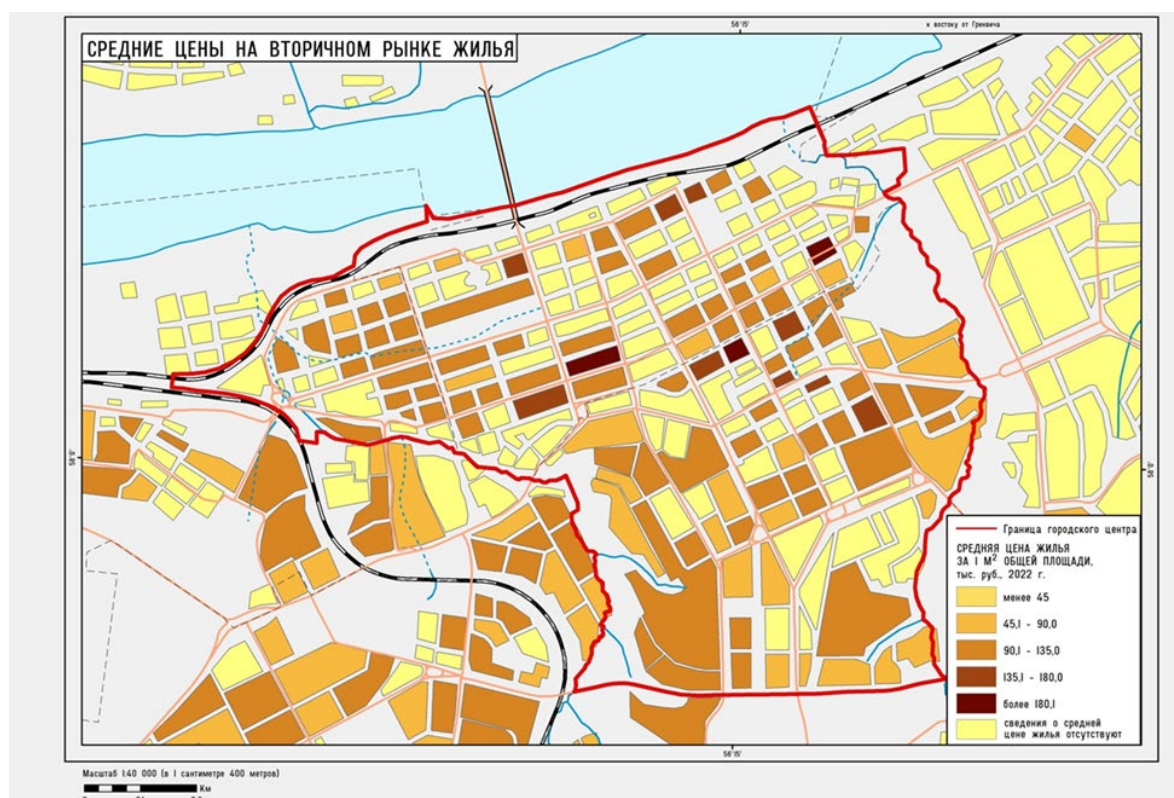


Рисунок 3.8 – Карта средних цен на вторичном рынке жилья г. Перми

Для оценки плотности застройки г. Кудымкара использованы векторные данные о контурах зданий из OSM, верифицированные по 2ГИС и дополненные данными ГИС «ЖКХ». Для каждого квартала рассчитана суммарная площадь контуров зданий, вычислен процент застройки по формуле:

$$P = \frac{\sum S_{зд.}}{S_{к.}} 100 \%, \quad (3.2)$$

где P – плотность застройки; $\sum S_{зд.}$ – сумма площадей зданий в данном квартале; $S_{к.}$ – площадь данного квартала.

Результатом является карта (рисунок 3.9), выполненная способом картограмм по кварталам.

Предложенные методы картографирования жилищного фонда позволяют формировать основу для дальнейших исследований: карты жилищного фонда могут использоваться при планировании развития территорий, оценке инвестиционной привлекательности районов, анализе взаимосвязей с социальной инфраструктурой.

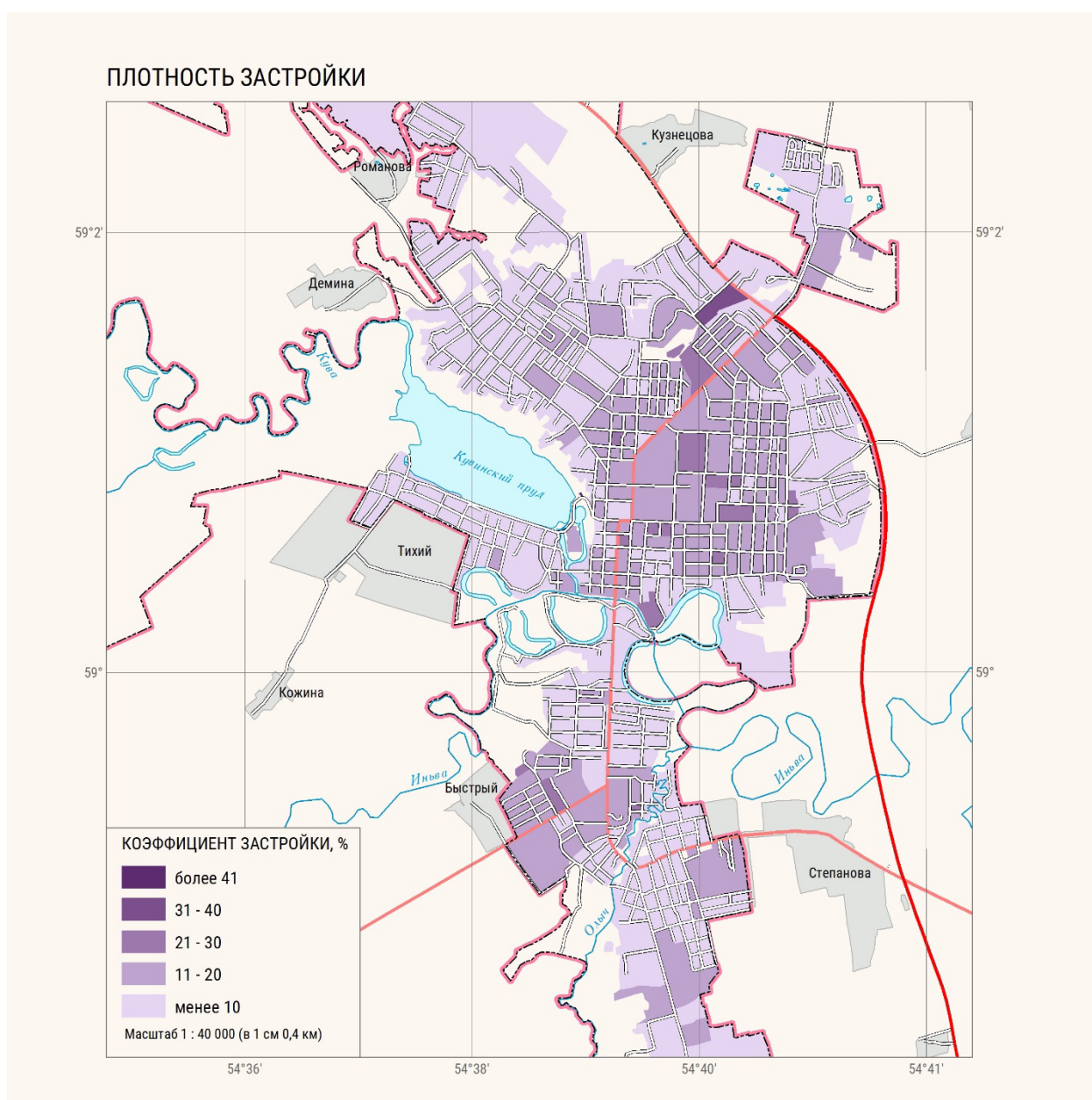


Рисунок 3.9 – Карта плотности застройки г. Кудымкара

3.4 Социальная сфера

В соответствии с разработанной системой методических рекомендаций (см. приложение А), объектом картографирования в данном разделе выступает компонент «Социальная сфера», включающий следующие подкомпоненты:

- торговля, общественное питание и услуги;
- спортивная инфраструктура;
- культурные учреждения;
- медицинская инфраструктура;
- доступность услуг;
- образовательная инфраструктура.

В рамках данного раздела рассмотрены различные направления социальной сферы, как неотъемлемой части качества жизни населения. Данные объекты расположены на территории достаточно неравномерно, а данные по ним ограничены. Объекты экстренных служб и аптечные учреждения критически важны для жизнеобеспечения города, а нормативные требования к временной доступности и обеспеченности позволяют проводить их объективную оценку.

3.4.1 Картографирование типов и характеристик объектов на основе адресных реестров

Для картографирования объектов социальной инфраструктуры определены следующие показатели (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Показатели картографирования социальной сферы

Показатель	Единица измерения	Содержание
Плотность объектов (обеспеченность)	ед./км ²	Количество объектов на единицу площади
Соотношение объектов	%	Соотношение разных видов объектов (в торговле, общественном питании, спортивных учреждениях). Муниципальные данные и реестры, муниципальные информационные ресурсы
Среднее количество посадочных мест на заведение общественного питания	количество	Отношение количества посадочных мест всех заведений общественного питания к их числу

Пространственные типы данных для картографирования социальной сферы г. Перми представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Типы пространственных данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных
Учреждения культуры	Векторный точечный слой	Администрация города Перми [3] Яндекс.Карты [115] 2ГИС [117]
Спортивные учреждения	Векторный точечный слой	Администрация города Перми [3] Сетевое издание Официальный сайт муниципального образования город Пермь. Спорт [88] Яндекс.Карты [115] 2ГИС [117]
Торговля	Векторный точечный слой	Администрация города Перми [3] Яндекс.Карты [115] 2ГИС [117]
Общественное питание	Векторный точечный слой	Администрация города Перми [3] Яндекс.Карты [115] 2ГИС [117]

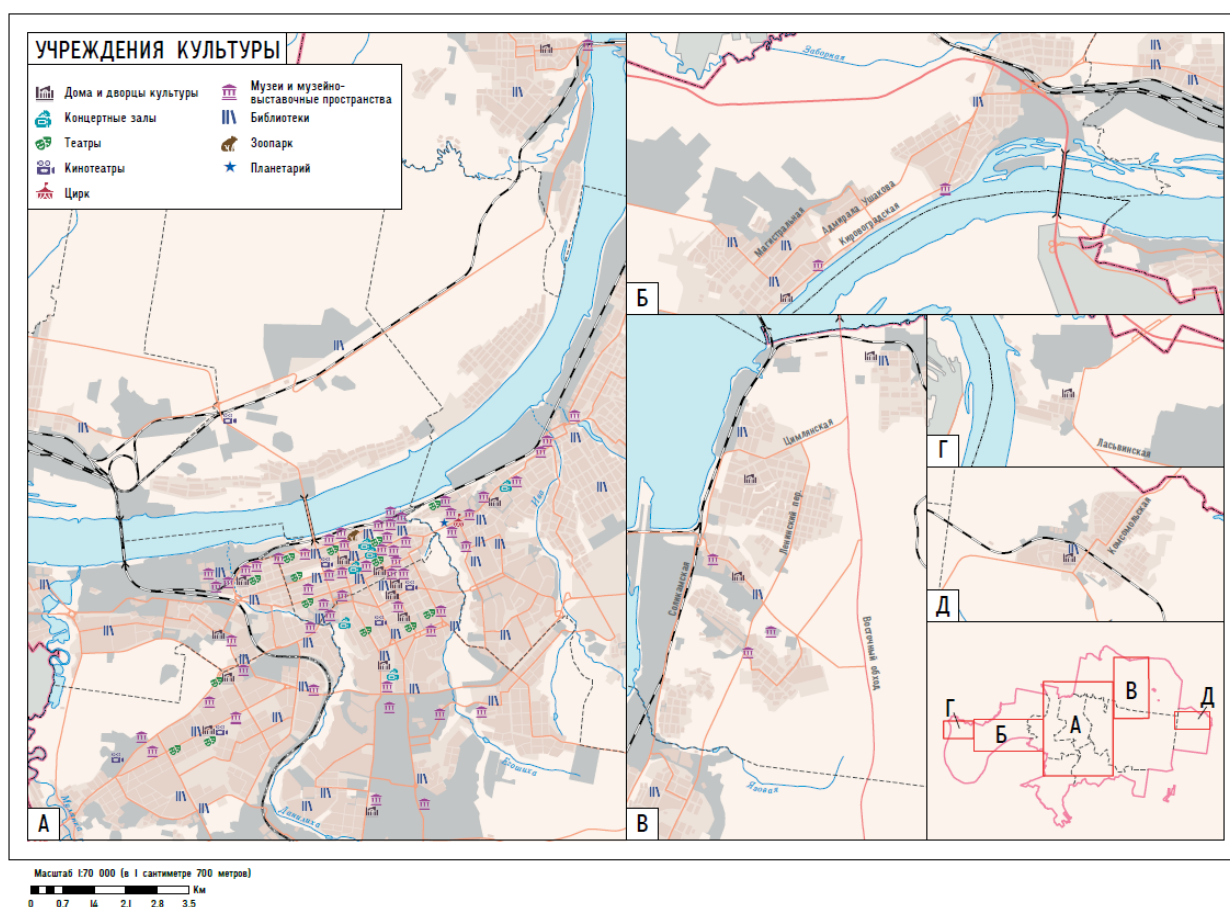


Рисунок 3.10 – Карта учреждений культуры г. Перми

Карты учреждений культуры (рисунок 3.10) и спортивных объектов (рисунок 3.11) построены с использованием способа значков, классифицированных по типам объектов. Дело в том, что статистические данные по этим направлениям отсутствуют, а политика муниципальных образований в области культуры и спорта предполагает развитие, которое может быть весьма затруднительным в виду отсутствия картографических материалов. В то же время, в таких случаях (отсутствие статистики) можно использовать методы, которые представлены ниже и описаны для картографирования аптечных учреждений.

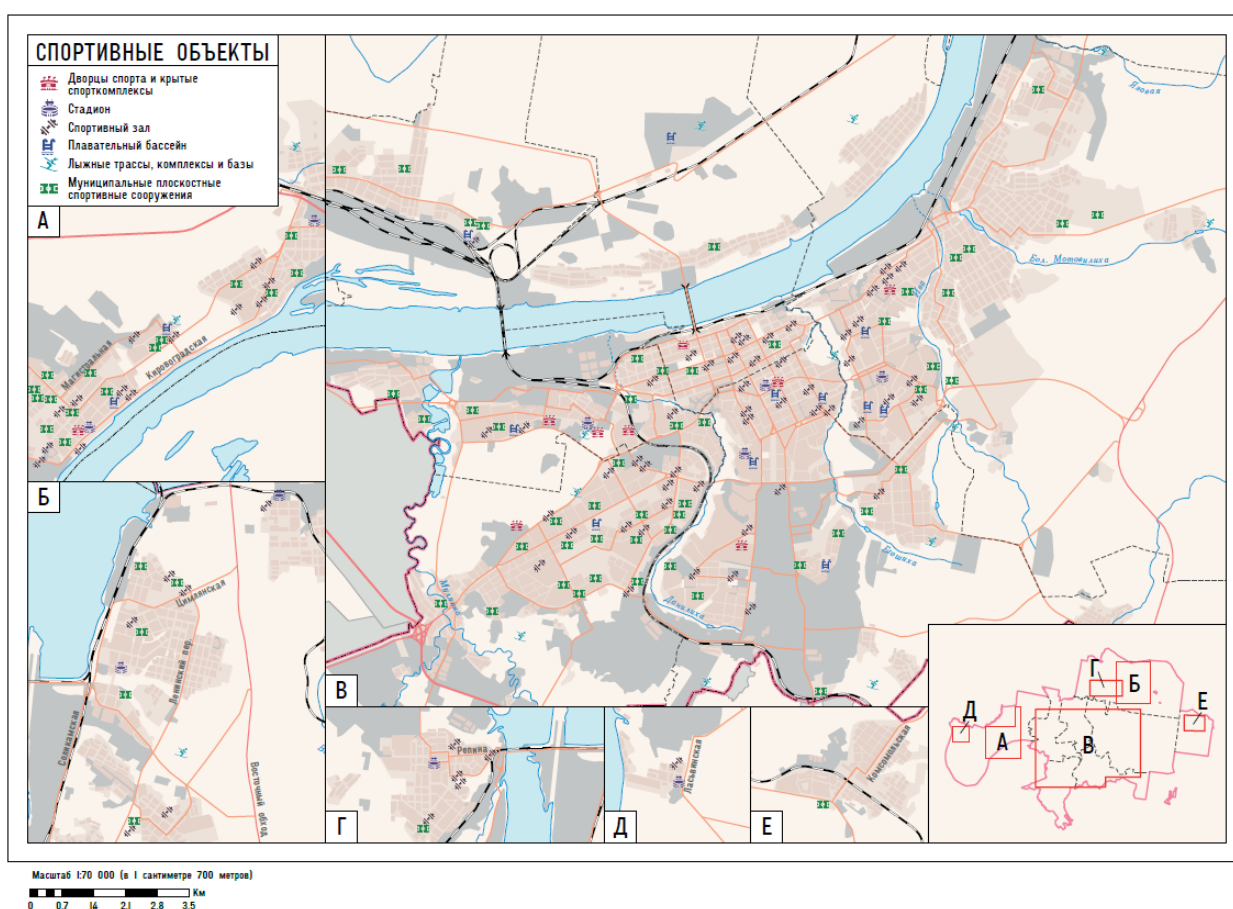


Рисунок 3.11 – Карта спортивных объектов г. Перми

Для картографирования объектов торговли и общественного питания были выбраны способы картографического изображения: картодиаграмм по районам, картограмм по районам и микрорайонам, способ значков для отображения месторасположения и видов объектов. Два уровня картографирования (в разрезе города по районам, центральная часть города в разрезе микрорайонов) были выбраны для

того, чтобы отобразить общие характеристики, а затем детализировать пространственное распределение (рисунки 3.12–3.15).

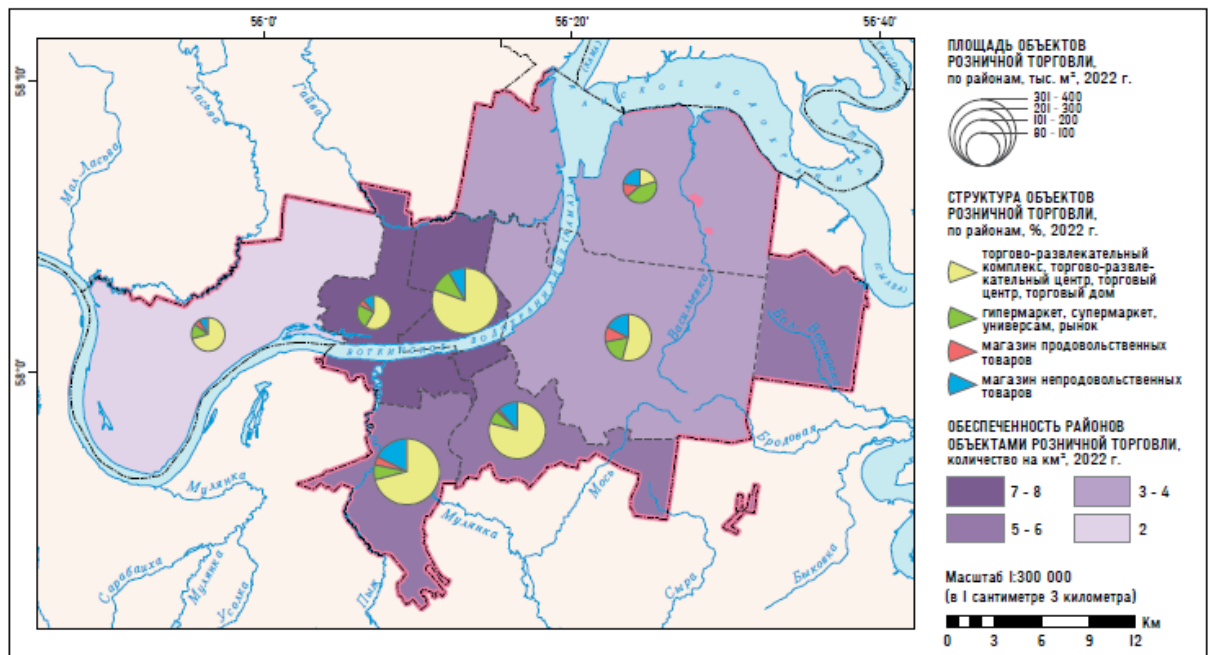


Рисунок 3.12 – Карта обеспеченности объектами розничной торговли г. Перми

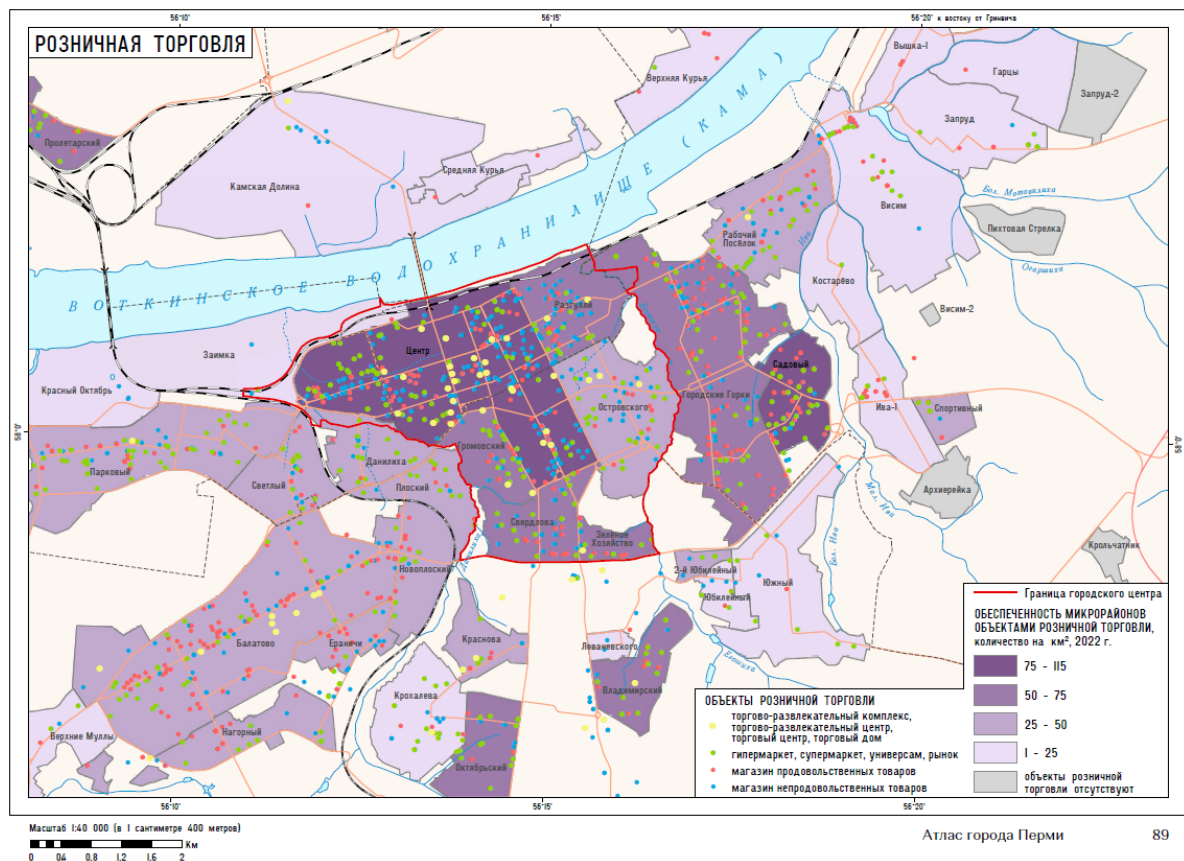


Рисунок 3.13 – Карта розничной торговли г. Перми

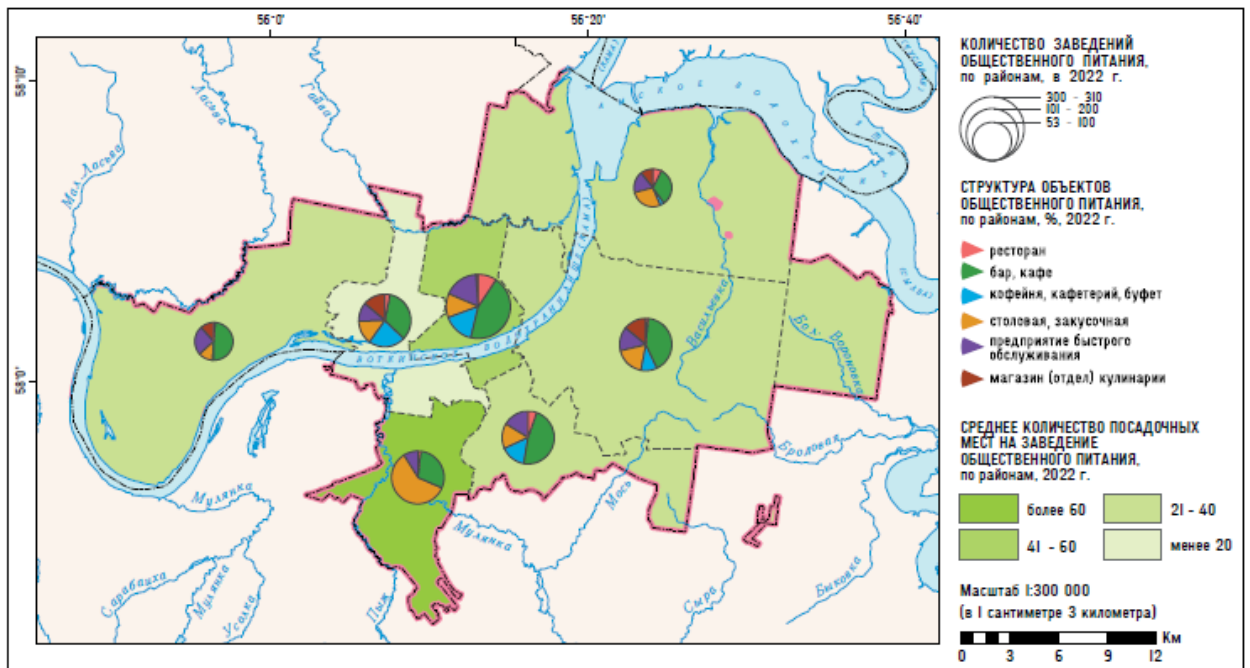


Рисунок 3.14 – Карта обеспеченности заведениями общественного питания г. Перми

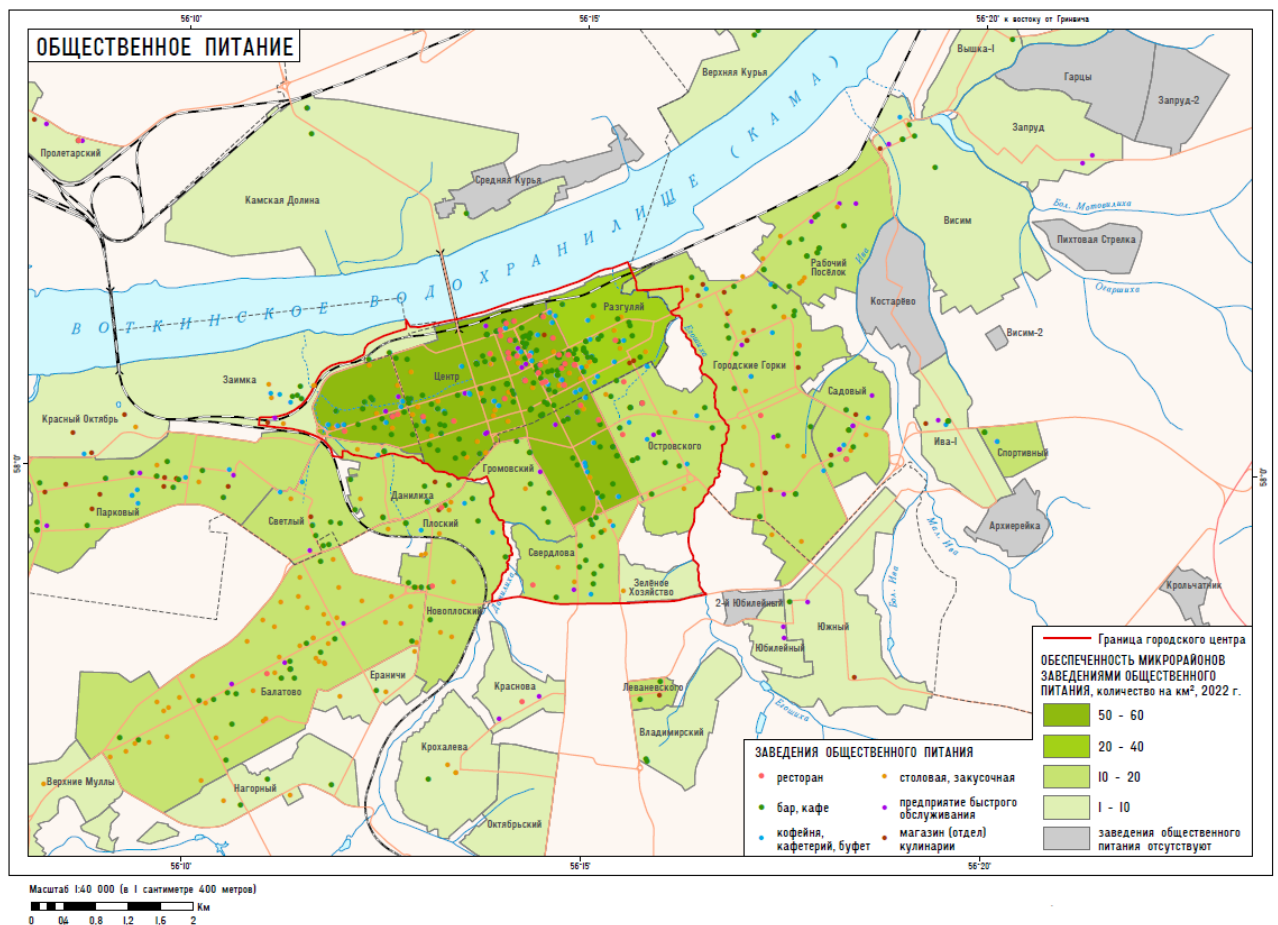


Рисунок 3.15 – Карта заведений общественного питания г. Перми

3.4.2 Оценка обеспеченности социальной инфраструктурой на уровне районов

Метод основан на агрегировании данных о точечных объектах по административным районам и их сопоставлении с демографическими показателями (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Показатели картографирования социальной сферы

Показатель	Единица измерения	Содержание
Число лиц, имеющих высшее / или среднее профессиональное образование	чел. на 1 000 чел. населения в возрасте 15 лет и старше	Статистические показатели в разрезе районов г. Перми (https://59.rosstat.gov.ru , https://rosstat.gov.ru)
Обеспеченность детей местами в дошкольных образовательных учреждениях	мест на 100 детей в возрасте от 1 до 6 лет	
Общеобразовательные учреждения по наполняемости (предельная разовая вместимость)	количество мест	
Численность детей школьного возраста	тыс. чел., от 7 до 18 лет	
Численность врачей	на 10 тыс. чел. населения	
Численность среднего медицинского персонала	на 10 тыс. чел. населения	
Число больничных коек круглосуточных стационаров	на 10 тыс. чел. населения	

Пространственные типы данных для картографирования социальной сферы г. Перми представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Типы пространственных данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных
Учреждения образования	Векторный точечный слой	Администрация города Перми [3]
Медицинские организации	Векторный точечный слой	Администрация города Перми [3] Яндекс.Карты [115] 2ГИС [117]

При проведении пространственного анализа обеспеченности социальной инфраструктурой учитывается, что мощность объектов должна соответствовать нормативной нагрузке.

Картографирование образовательной инфраструктуры выполнено в отношении дошкольных образовательных (рисунок 3.16), общеобразовательных (рисунок 3.17) учреждений, учреждений среднего профессионального и высшего образования (рисунок 3.18). Реестры объектов образования, полученные от Администрации города Перми, а также данные муниципальных информационных ресурсов были обработаны и сведены в таблицы атрибутов слоя административных районов г. Перми, дополнены данными официальной статистики по демографическим показателям. Агрегирование и расчёт показателей позволяет визуализировать данные способом картограмм, количественного фона, а способом значком представлены сами объекты образования.

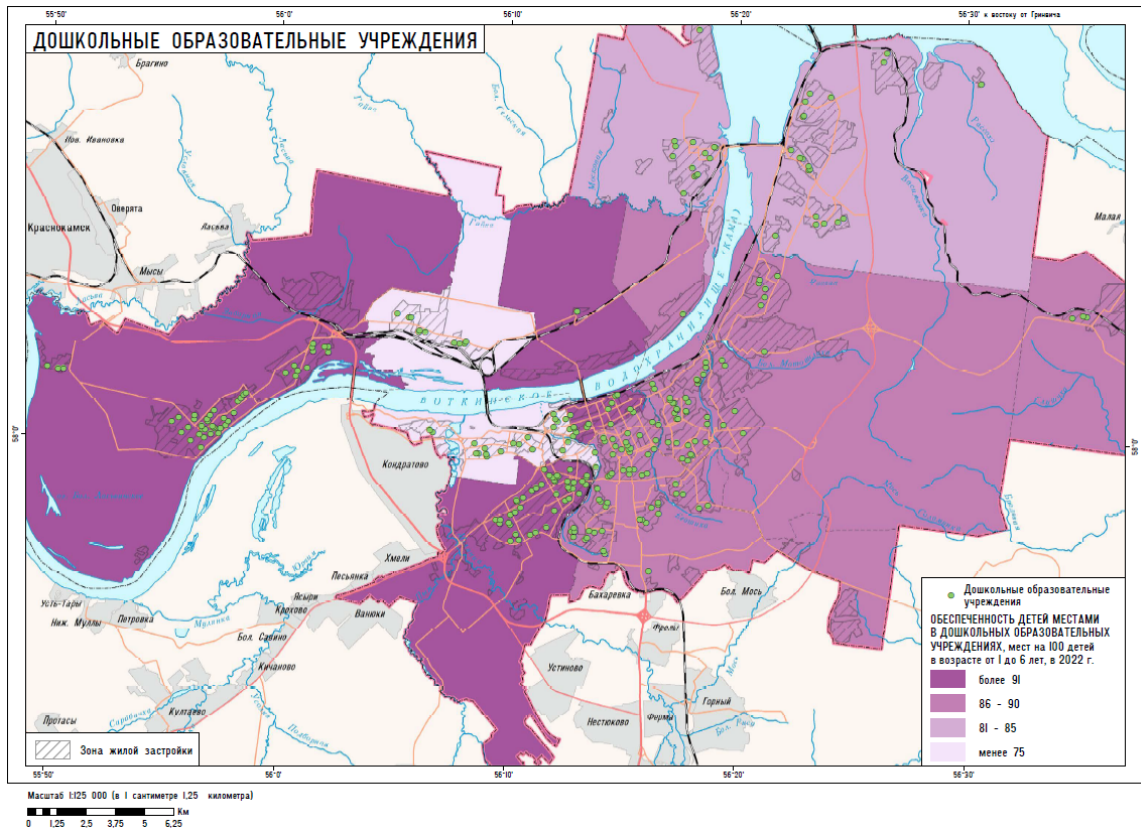


Рисунок 3.16 – Карта дошкольных образовательных учреждений г. Перми

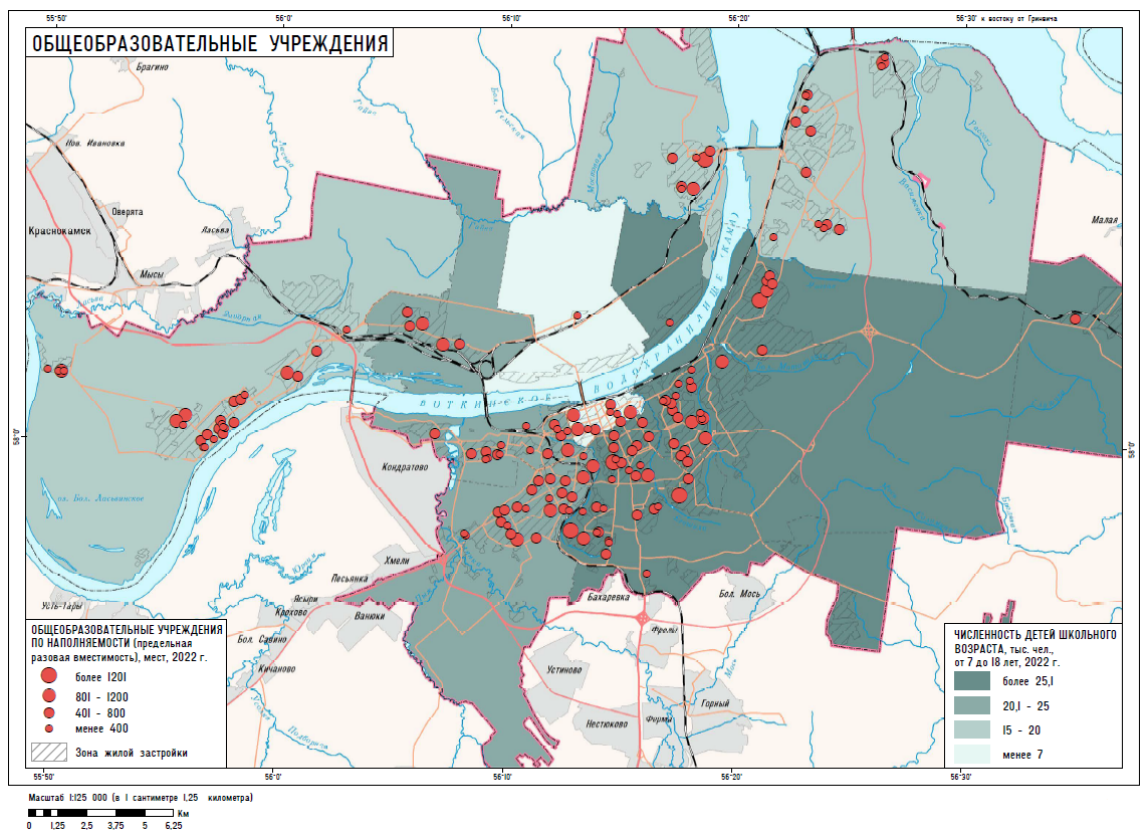


Рисунок 3.17 – Карта общеобразовательных учреждений г. Перми

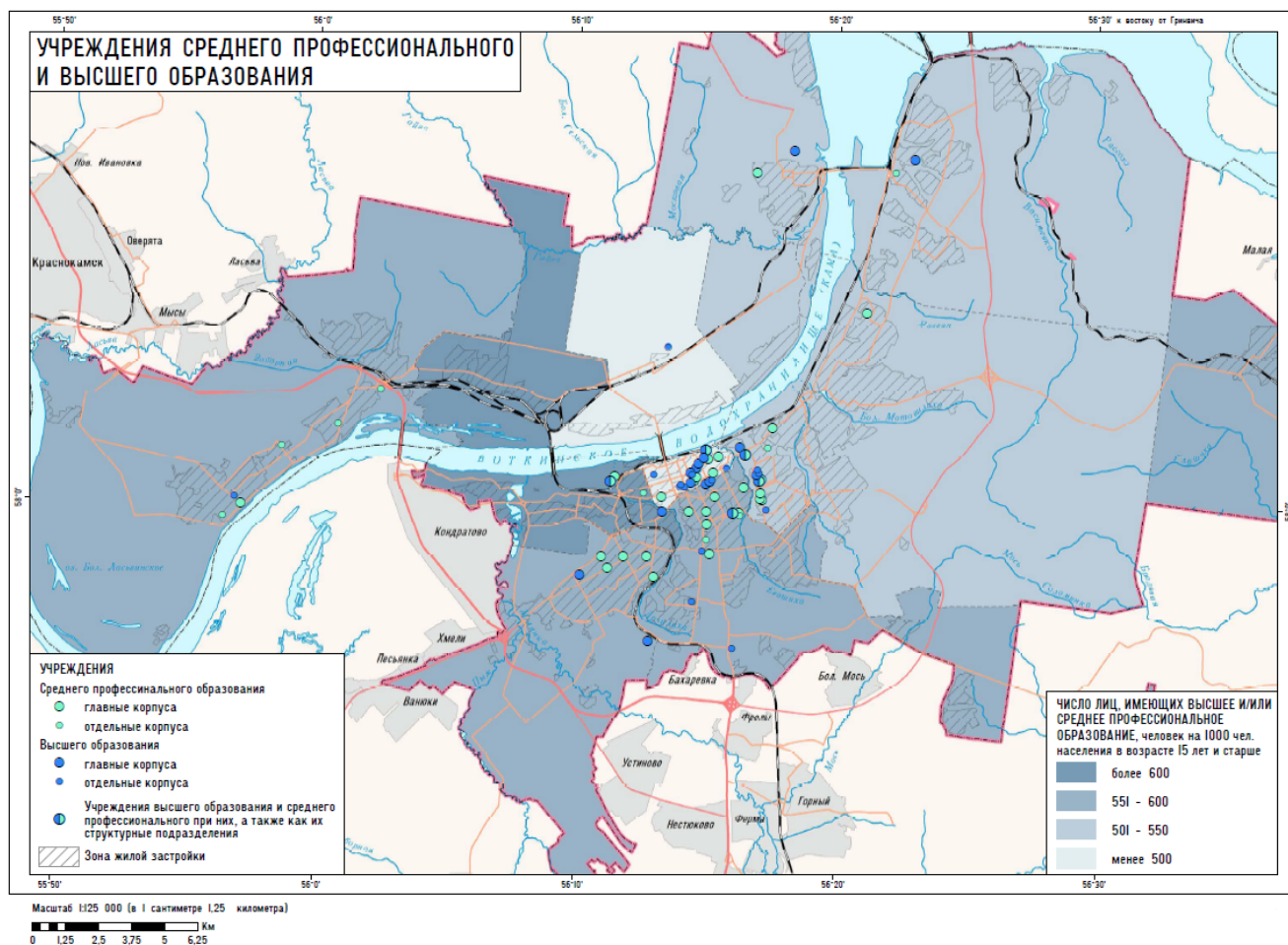


Рисунок 3.18 – Карта учреждений среднего профессионального и высшего образования г. Перми

Картографирование медицинской инфраструктуры представлено двумя картами, построенными на основе данных официальных ежегодных статистических сборников (Пермьстат) и реестров администрации г. Перми. Карта обеспеченности медицинским персоналом (рисунок 3.19) построена способом картограммы по районам. Карта медицинских учреждений (рисунок 3.20) – картограмма и способ значков, классифицированных по видам медицинских организаций.

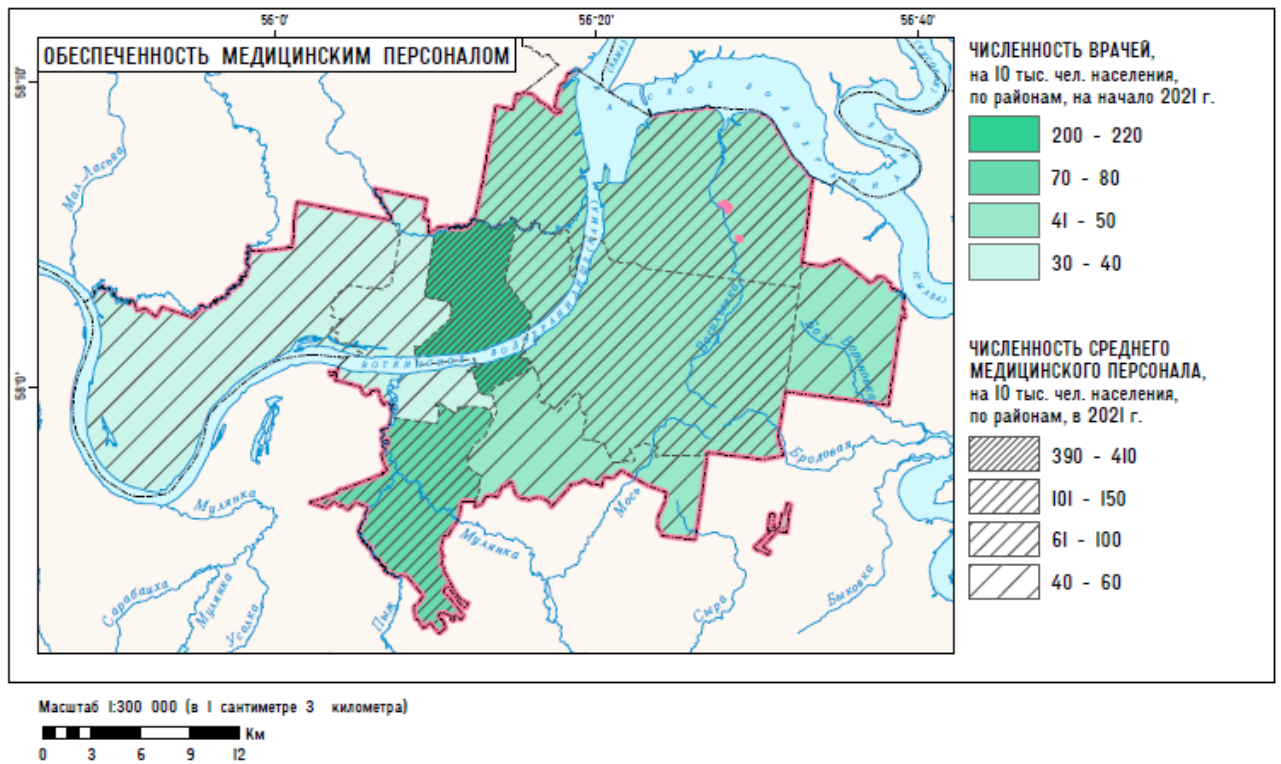


Рисунок 3.19 – Карта обеспеченности медицинским персоналом г. Перми

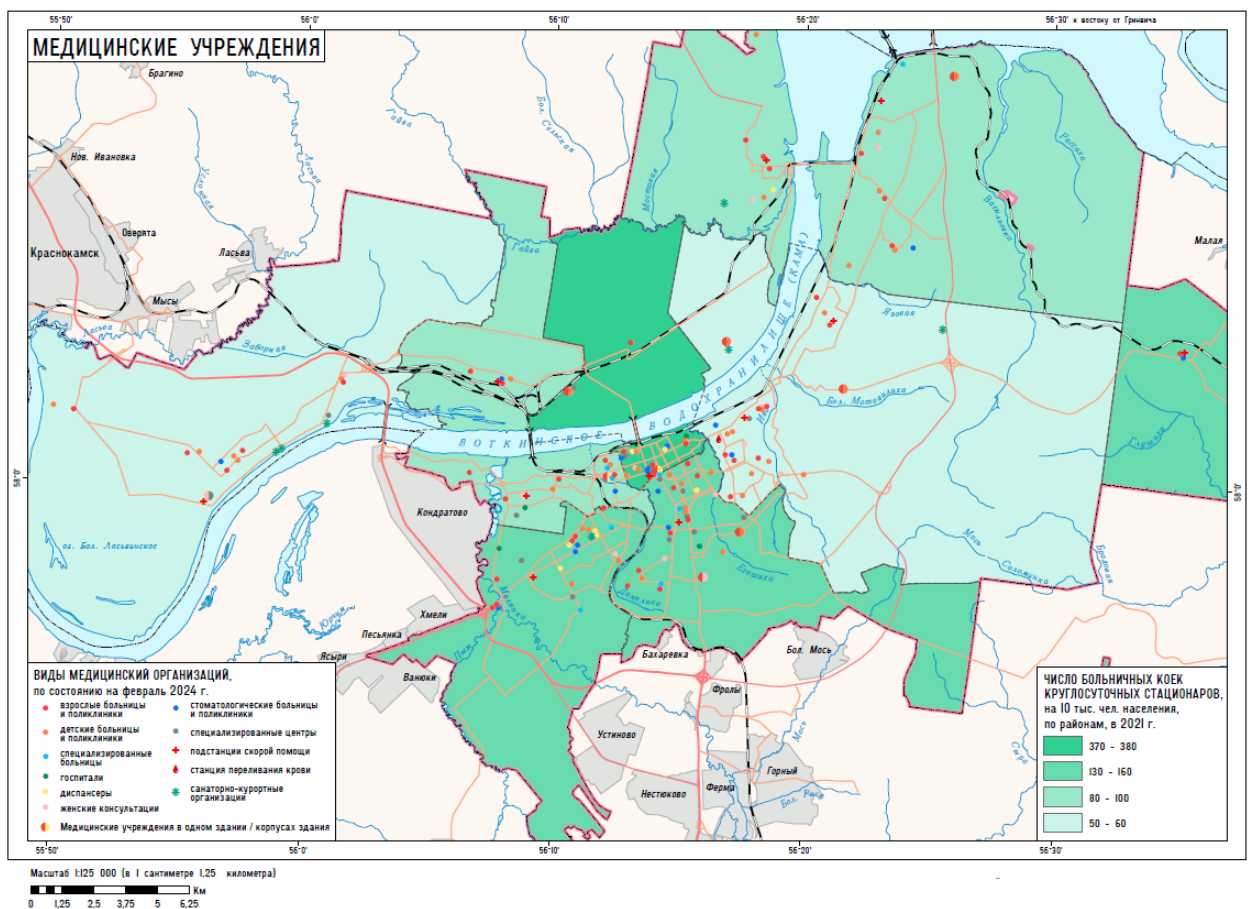


Рисунок 3.20 – Карта медицинских учреждений г. Перми

3.4.3 Моделирование изохрон доступности методами сетевого анализа

Метод позволяет моделировать время прибытия экстренных служб с учетом различных сценариев загруженности дорожной сети.

Для картографирования временной доступности объектов социальной инфраструктуры определен показатель – расчетное время прибытия (минуты).

Пространственные типы данных для картографирования представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Типы пространственных данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных
Станции скорой помощи	Векторный точечный слой	ГБУЗ «Пермская станция СМП» [26]
Дорожная сеть (граф)	Векторный линейный слой (сеть)	OSM [29]
Объекты торговли	Векторный точечный слой	Администрация города Кудымкар [4]

При проведении пространственного учитываются следующие топологические правила и ограничения.

1 Для дорожного графа:

- граф должен быть топологически корректен: все пересечения дорог должны быть представлены узлами, отсутствие «висячих» сегментов;
- скоростные атрибуты должны соответствовать классам дорог (магистраль, улицы районного значения, местные проезды);
- для сценария «час пик» скорость на перегруженных участках должна быть скорректирована с сохранением связности графа.

2 Для объектов социальной инфраструктуры:

– время доступа к социальным объектам не должно превышать нормативных значений.

3 Ограничения, связанные с источниками данных и методом:

- моделирование прибытия экстренных служб не учитывает возможность выезда бригад не со станций, а с точек завершения предыдущих вызовов;
- расчеты основаны на нормативных скоростях, а не на данных реального движения транспорта.

Картографирование временной доступности выполнено в двух вариантах (рисунки 3.21, 3.22): для «идеальных условий» (свободная дорожная сеть) и для «часов пик» (с учетом загруженности основных магистралей).

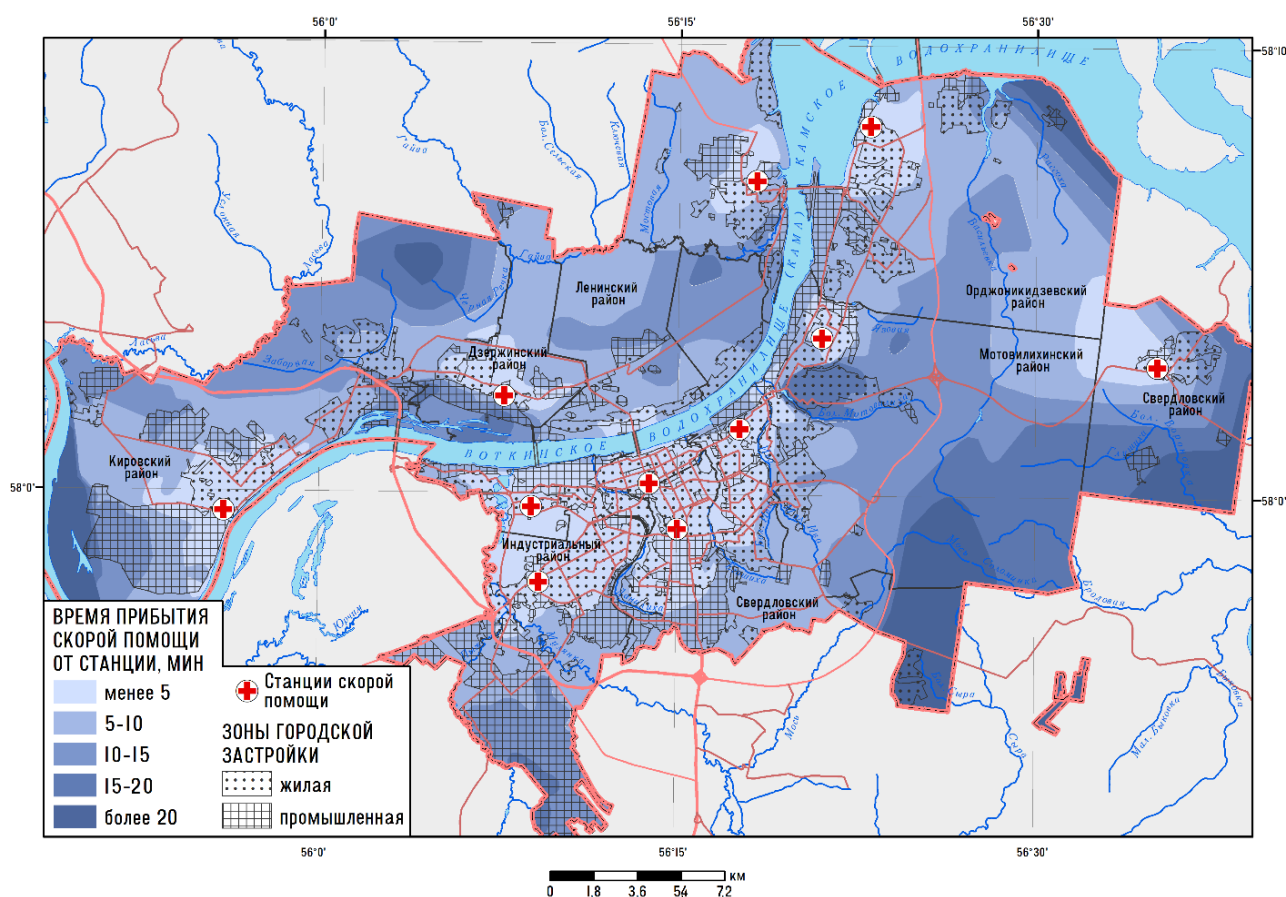


Рисунок 3.21 – Карта расчетного времени прибытия скорой медицинской помощи в условиях обычной загруженности дорожной сети

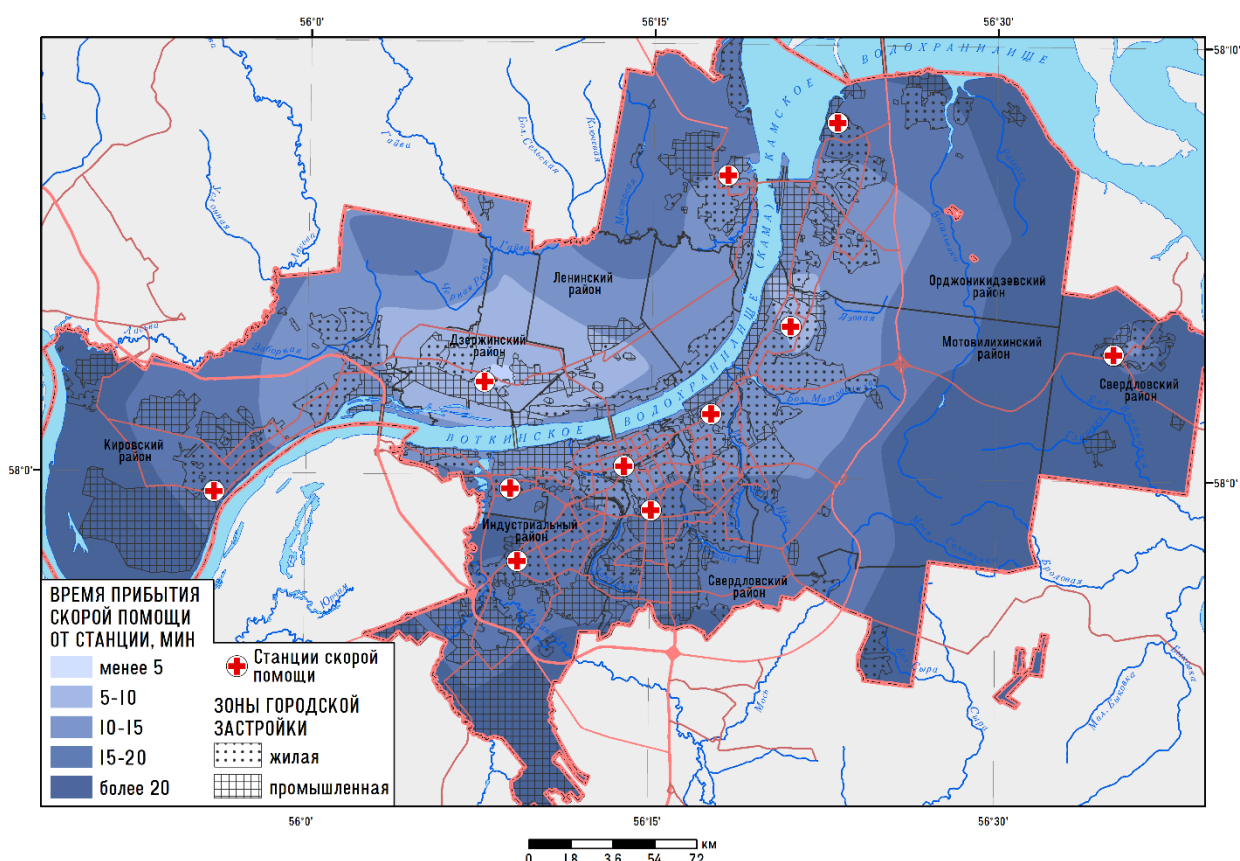


Рисунок 3.22 – Карта расчетного времени прибытия скорой медицинской помощи в условиях часа пик

Для расчета временной доступности станций скорой помощи создан дорожный граф, который является моделью дорожной сети с атрибутами скорости движения для разных дорожных участков.

Построение графа осуществлялось на основе данных OSM [29]. Из линейного слоя дорожной сети были исключены пешеходные и велосипедные пути. Ключевой характеристикой дорожного графа стала максимальная разрешенная скорость движения, в соответствии с классификацией дорог: междугородные трассы – 90 км/ч, основные городские дороги – 60 км/ч, жилые улицы – 40 км/ч, дворовые проезды – 20 км/ч [124].

Для моделирования условий в часы пик создан альтернативный граф, где для улиц с высокой нагрузкой, выявленных посредством сервиса «Яндекс.Пробки», скорость снижена до 35 км/ч, что соответствует средней скорости движения автомобилей в пробках [116, 38].

Временная доступность станций скорой медицинской помощи рассчитывалась в модуле транспортного сетевого анализа QNIT3 в QGIS, с помощью инструмента Iso-Area as Interpolation (from Layers). При запуске данного инструмента заданы следующие значения параметров: поле Network Layer – дорожный граф; стартовые точки (Start Points) – векторные точечные слои пожарных частей и станций скорой помощи; Size of Iso-Area установлен в размере 2500; размер ячейки растра (Cellsize of interpolation raster) задан 10 м; в разделе Optimization Criterion выбран вариант Fastest Path (time optimization). В результате работы инструмента сформировались растры временной доступности для пожарных частей и станций скорой помощи.

Полученные растры изохрон сглаживались с помощью инструментов «Фокальная статистика». После проведена «Переклассификация» растра и конвертация в векторное представление с помощью инструмента «Растр в полигоны». Полученные полигоны были сглажены с использованием инструмента «Сгладить полигон» (алгоритм РАЕК, допуск 500 м) для улучшения картографического представления.

Способ картографического изображения для временной доступности – псевдоизолинии с послойной окраской, что обеспечивает понятное восприятие территорий с разным уровнем доступности. Нормативная временная граница на карте доступности для станций скорой помощи – 20 минут [64].

Аналогично, с помощью модуля сетевого анализа QNEAT3, инструмента Iso-Area as Interpolation (from Point) рассчитано время достижения продовольственных магазинов от жилых домов в секундах для г. Кудымкар (рисунок 3.23). Установлено в переменной Size of Iso-Area значение 1200 (20 минут), а критерий оптимизации — по времени.

Инструмент вычисляет время движения от жилых домов до ближайших магазинов, а затем выполняется линейная интерполяция вычисленной величины, в результате чего создаётся поверхность расстояния (времени достижения) в растровом представлении. На основе растра создаётся изолинейное представление, представляющее послойную окраску.

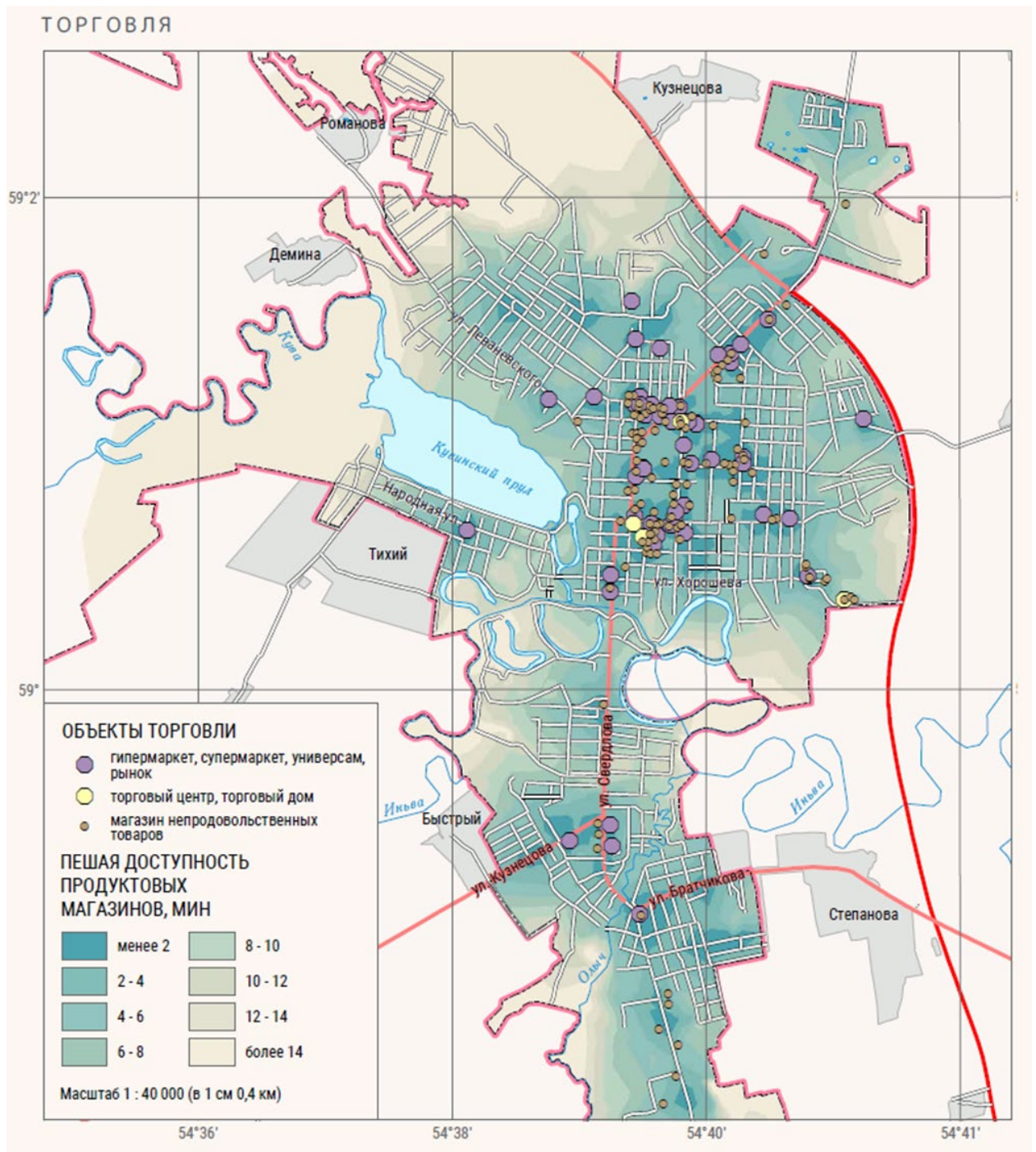


Рисунок 3.23 – Карта пешей доступности продуктовых магазинов

3.4.4 Определение зон обслуживания учреждений на основе сетевого анализа

Метод позволяет определить зоны ответственности учреждений и оценить нагрузку на каждое из них.

Для картографирования определены следующие показатели (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Показатели картографирования социальной сферы

Показатель	Единица измерения	Содержание
Зоны обслуживания	полигоны	Территории, закрепленные за конкретным учреждением по принципу минимального времени пути
Численность обслуживаемого населения	чел.	Количество жителей, попадающих в зону обслуживания учреждения

Пространственные типы данных для картографирования зон обслуживания учреждений представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Типы пространственных данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных
Жилые дома (население)	Векторный точечный слой	OSM [29], Фонд «Реформа ЖКХ» [30]
Станции скорой помощи	Векторный точечный слой	ГБУЗ «Пермская станция СМП» [26]
Зоны обслуживания	Векторный полигональный слой (полигоны Вороного)	Производные от сетевого анализа

При проведении пространственного анализа зон обслуживания учреждений социальной сферы учитываются следующие топологические правила и ограничения:

- граф должен быть топологически корректен: все пересечения дорог должны быть представлены узлами, отсутствие «висячих» сегментов;
- зоны обслуживания медицинских учреждений должны полностью покрывать жилые территории.

Для определения зон обслуживания станциями скорой помощи был использован инструмент OD Matrix from Layers as Table (m:n) в QGIS, позволяющий рассчитать кратчайшее время пути между станций скорой помощи и центроидами

жилых домов. Для каждого дома определена ближайшая станция, на основе чего построены и объединены полигоны Вороного, формирующие итоговые зоны обслуживания. Для каждой зоны рассчитана численность обслуживаемого населения. Расчет данных о численности населения, которая используется в данном разделе, был представлен в 3.1.1.

Карты зон обслуживания, построенные на основе сетевого анализа, совмещенные с количественным фоном по численности обслуживаемого населения, выявляют дисбалансы в распределении нагрузки между станциями (рисунок 3.24), в то время, как сам метод позволяет перейти к анализу нагрузки на каждое учреждение.

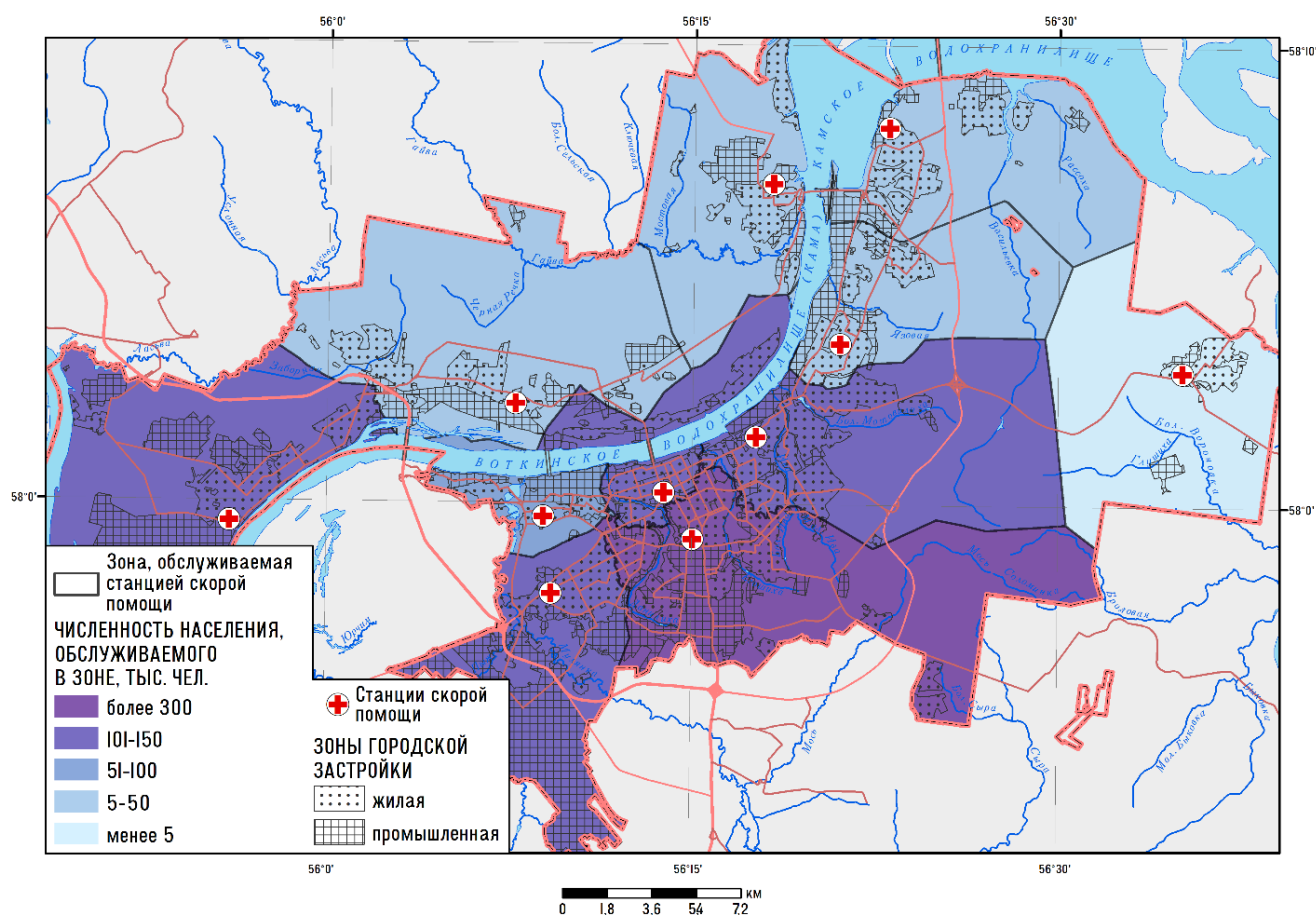


Рисунок 3.24 – Карта зон обслуживания станциями скорой медицинской помощи г. Перми

3.4.5 Оценка обеспеченности социальной инфраструктурой с использованием гексагональной сетки и буферного анализа

Метод использует гексагональную сетку и буферный анализ для определения плотности, загруженности и обеспеченности, устраняя зависимость от административных границ.

Для картографирования обеспеченности социальными объектами определены следующие показатели (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Показатели картографирования социальной сферы

Показатель	Единица измерения	Содержание
Численность обслуживаемого населения	чел.	Количество жителей, попадающих в зону обслуживания учреждения
Плотность объектов	ед./км ²	Количество объектов на единицу площади
Загруженность	чел./объект	Численность населения, приходящаяся на один объект в зоне его шаговой доступности
Обеспеченность	объект /чел.	Отношение фактической числа объектов к численности населения

Пространственные типы данных для картографирования социальной сферы г. Перми представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Типы пространственных данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных
Жилые дома (население)	Векторный точечный слой	OSM [29], Фонд «Реформа ЖКХ» [30]
Аптечные учреждения	Векторный точечный слой	Яндекс.Карты [115]
Гексагональная сетка, буферные зоны	Векторные полигональные слои	Создано автором

При проведении пространственного анализа учитываются топологические правила и ограничения:

- аптечные учреждения должны находиться в шаговой доступности населения;
- мощность объектов должна соответствовать нормативной нагрузке;
- размер ячейки (1 000 м) выбран, исходя из нормативного радиуса обслуживания аптечных учреждений (500 м — радиус вписанной окружности) [91].

Для проведения анализа пространственного распределения аптечных учреждений была использована гексагональная сетка, ширина и высота гексагонов — 1 000 м. Выбор данного размера обусловлен тем, что радиус вписанной окружности (500 м) соответствует нормативному радиусу обслуживания аптечных учреждений [91]. Количество аптек в каждой ячейке гексагона определялось инструментом «Пространственное соединение», что позволило создать картограмму плотности распределения аптек (количество на 1 км²) и выделить ячейки с их полным отсутствием в пределах жилой городской застройки.

Применение гексагональной сетки для пространственного анализа позволяет провести более эффективный анализ объектов социальной инфраструктуры: распределение, загруженность и обеспеченность.

Картограмма плотности аптек позволяет выделить территории с высокой концентрацией аптечных учреждений в центральной части города, в то время как в спальных районах наблюдаются зоны с их низкой плотностью или полным отсутствием (рисунок 3.25).

Загруженность аптечных учреждений оценивалась через расчет численности населения, проживающего в зоне их шаговой доступности. Для этого вокруг каждого аптечного учреждения был построен буфер радиусом 500 м. Путем пространственного соединения этого слоя с данными о населении по жилым домам была заложена характеристика численности жителей, обслуживаемых в каждом аптечном пункте.

На карте загруженности аптечных учреждений (рисунок 3.26) отображены буферные зоны обслуживания аптек в шаговой доступности, а также численность населения, приходящегося на каждую аптеку – картограмма. Это позволяет оценить не только плотность аптечной сети, но и нагрузку на каждую аптечную точку.

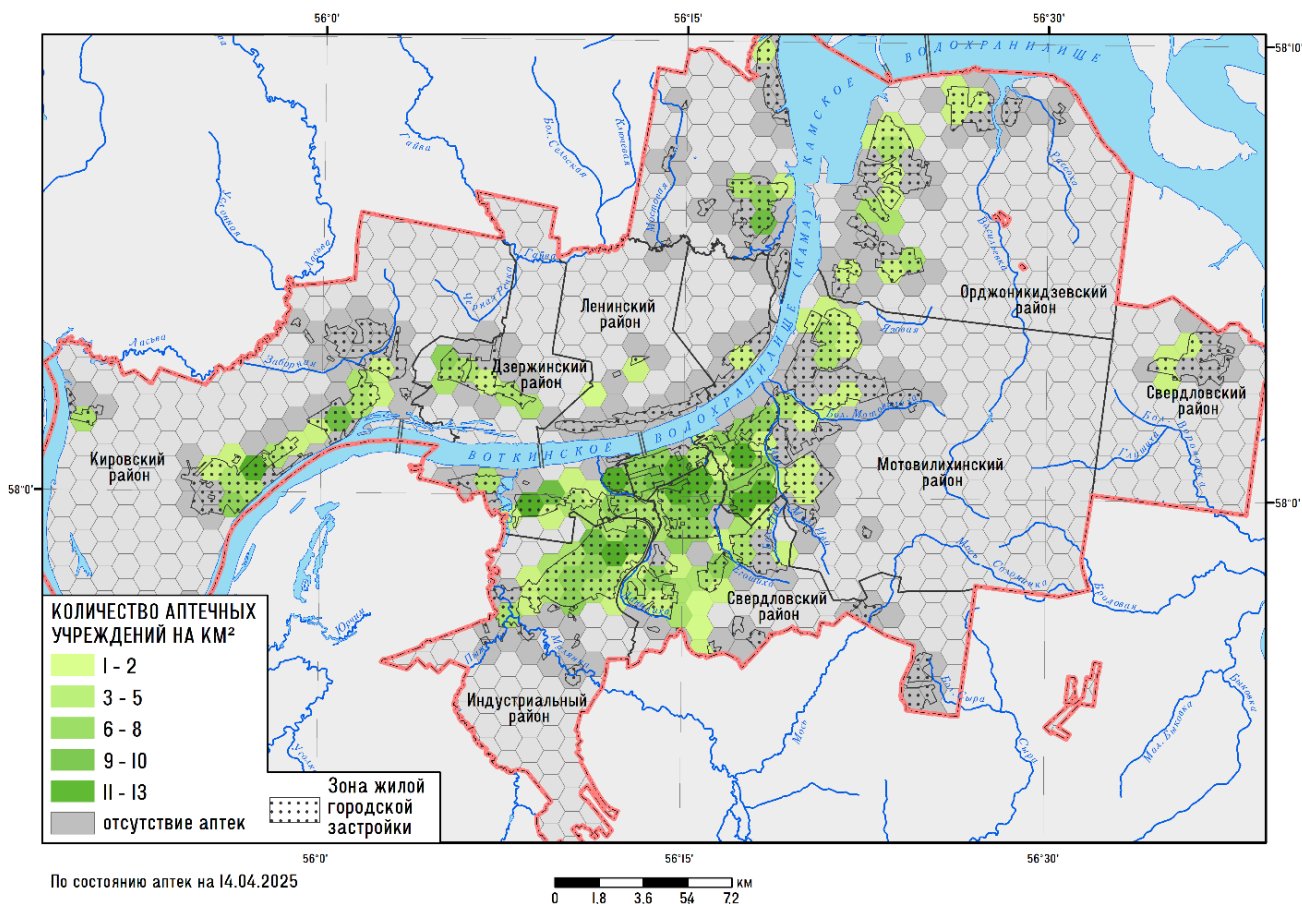


Рисунок 3.25 – Карта пространственного распределения аптечных учреждений г. Перми

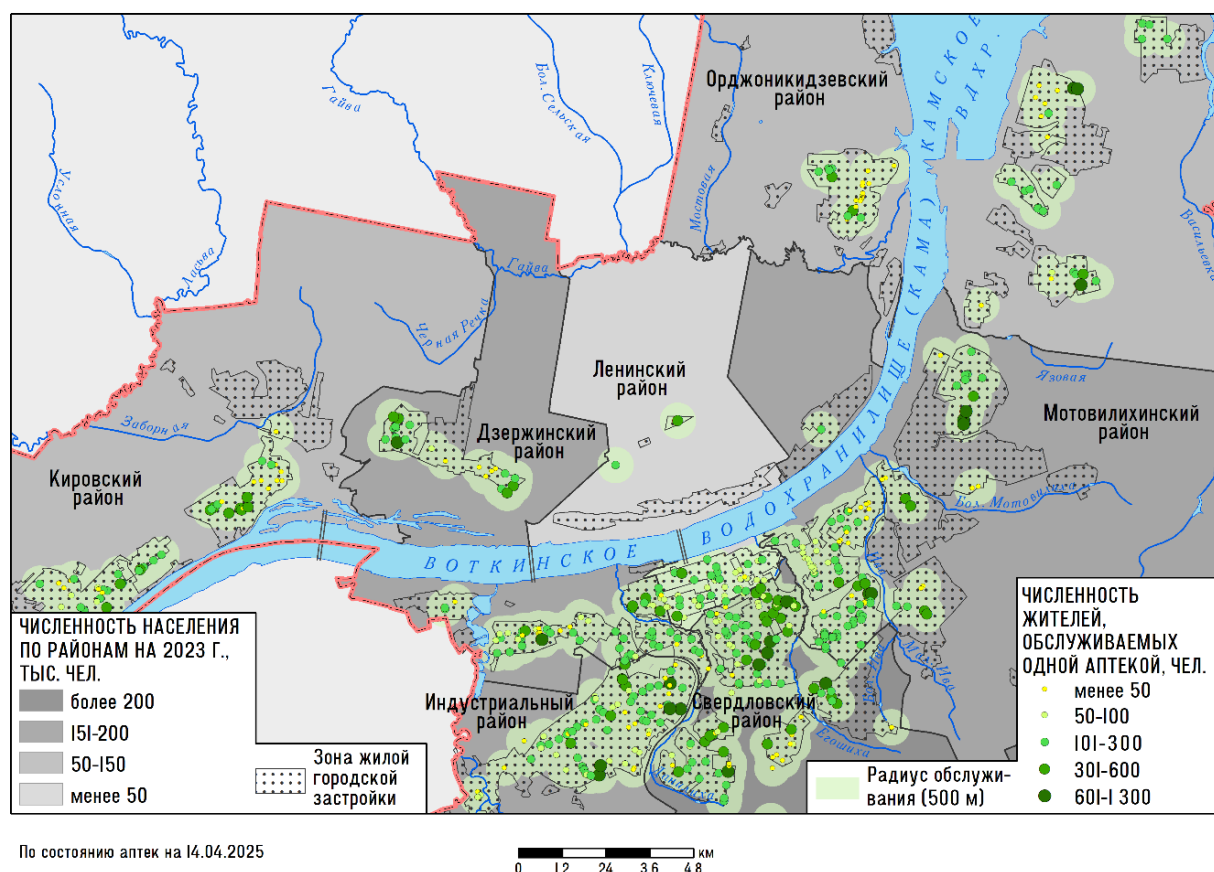


Рисунок 3.26 – Карта загруженности аптечных учреждений г. Перми

Для оценки обеспеченности населения аптеками использовался норматив, согласно которому одна аптека в среднем обслуживает 2 279 человек [63]. На основе гексагональной сетки для каждой ячейки был рассчитан коэффициент обеспеченности (K) по формуле:

$$K = \frac{2279N}{S}, \quad (3.3)$$

где K – коэффициент обеспеченности; N – количество аптек; S – численность населения в ячейке.

Для анализа уровней обеспеченности была использована следующая классификация:

– низкая обеспеченность ($K < 0,75$): дефицит аптечных учреждений относительно норматива;

– средняя обеспеченность ($0,75 \leq K \leq 1,25$): уровень обеспеченности близок к нормативному;

– высокая обеспеченность ($K > 1,25$): количество аптек достаточно или избыточно.

Классификация уровня обеспеченности населения аптечными пунктами на карте по принципу «светофора» (картограмма) (рисунок 3.27) позволяет оперативно идентифицировать проблемные территории. На карте выделены территории с низкой обеспеченностью (красные ячейки), требующие первоочередного внимания при планировании развития аптечной сети, и зоны с избыточной обеспеченностью (зеленые ячейки).

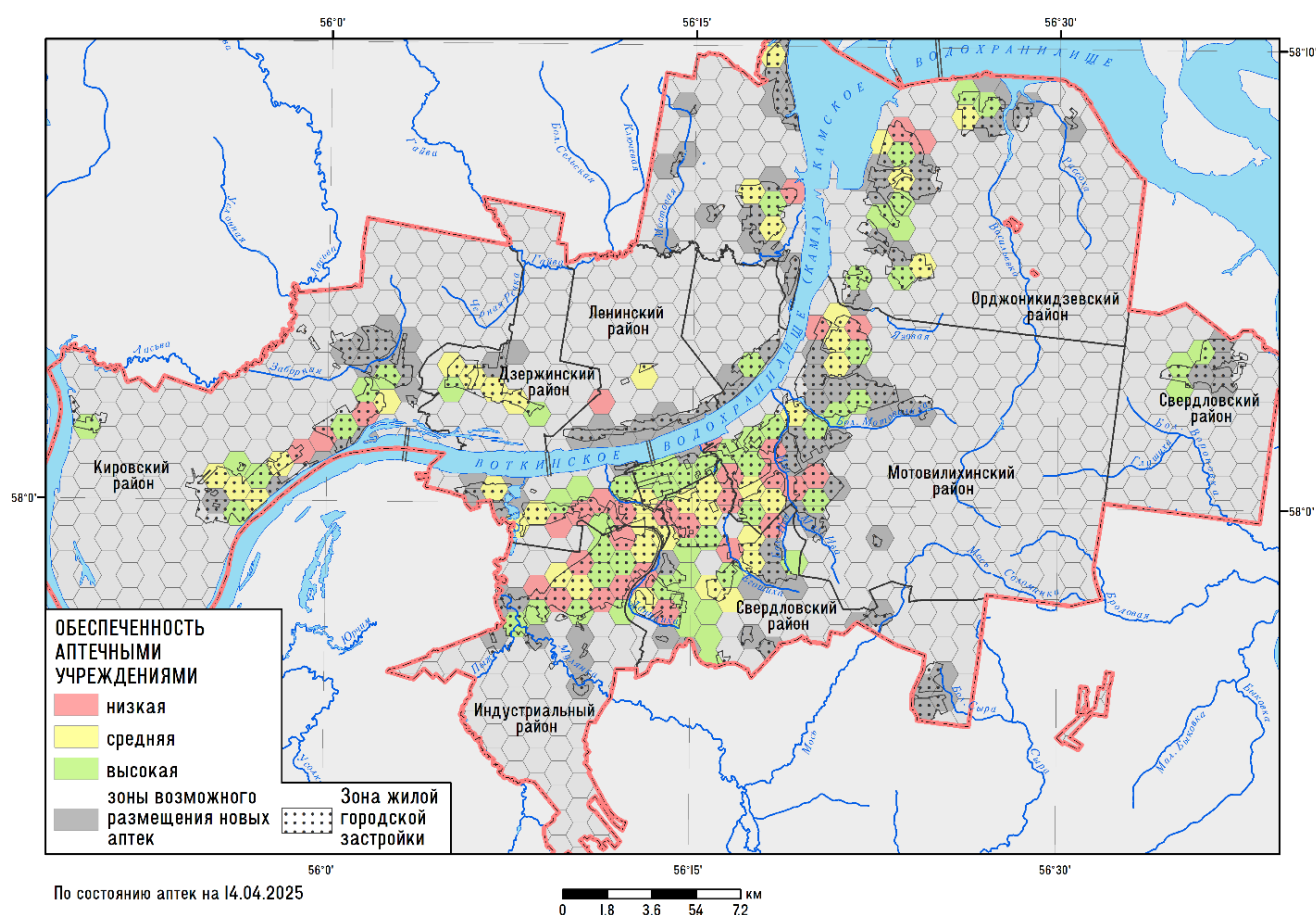


Рисунок 3.27 – Карта обеспеченности населения г. Перми
аптечными учреждениями

Разработанный метод картографирования социальной инфраструктуры позволяет:

- перейти от традиционного анализа по административным районам к детальному внутригородскому анализу, выявляющему реальные пространственные закономерности размещения объектов и обеспеченности населения услугами;

- проводить комплексную оценку объектов социальной инфраструктуры по трем ключевым аспектам: доступность (временная, с учетом различных сценариев загруженности дорожной сети), обеспеченность (соотношение количества объектов и численности населения с нормативными требованиями), загруженность (нормативная нагрузка на каждый объект);

- использовать гексагональную сетку как эффективный инструмент для выявления внутригородских различий при отсутствии административно-территориального деления или сложностях в выборе территориальных единиц картографирования;

- моделировать различные сценарии (обычная загруженность / час пик), что повышает практическую значимость результатов;

- выявлять проблемные территории и давать обоснованные рекомендации по оптимизации сети социальных объектов.

Практическая значимость полученных картографических материалов заключается в возможности их использования: органами местного самоуправления при планировании развития городской среды, юридическими лицами при выборе мест размещения новых объектов, службами экстренного реагирования для оптимизации маршрутов и дислокации.

Универсальность метода подтверждается тем, что предложенные алгоритмы могут быть адаптированы для любых объектов социальной инфраструктуры и территорий, поскольку отсутствует привязка к административно-территориальному делению, а сами объекты имеют точечную локализацию в пространстве [72].

3.5 Общественные пространства

В соответствии с разработанной системой методических рекомендаций (см. приложение А), объектом картографирования в данном разделе выступает компонент «Общественные пространства», подкомпонент «Пешеходно-променадный каркас».

Под пешеходно-променадным каркасом большого центра (далее — ППКБЦ) понимается совокупность наиболее консолидированных и устойчивых пешеходных пространств города, включающая два типа объектов [56]:

- площадные компоненты — парки, скверы, сады, пешеходные участки площадей, общедоступные курдонеры;
- линейные компоненты — набережные, пешеходные улицы, мосты, тоннели, бульвары (при соблюдении условий их связности с иными компонентами каркаса и соотношения ширины бульвара к проезжей части).

Выбор именно этих объектов обусловлен их ключевой ролью в формировании комфортной городской среды и выполнении двух важнейших функций: транзита (связность территории) и пребывания (наличие объектов притяжения).

Количественная оценка аттрактивности пешеходных пространств

Для оценки привлекательности сегментов ППКБЦ в рамках исследования были определены следующие показатели (таблица 3.16). Необходимо отметить, что в таблице приведены формулы для расчета линейных компонентов, показатели по площадным компонентам рассчитывались аналогично.

Таблица 3.16 – Показатели оценки привлекательности ППКБЦ

Показатель	Формула для расчета, баллы	Переменные
Аттрактивность линейных компонентов	$l_i = \frac{(\sum f_{ji} + \sum (S_{ji} \cdot 0,5))}{k_i}$	f_{ji} – количество аттракторов первого порядка j -го вида, тяготеющих к линейным компонентам i -го сегмента, ед.; S_{ji} – количество аттракторов второго порядка j -го вида, тяготеющих к линейным компонентам i -го сегмента, ед.; k_i – протяженность линейных компонентов i -го сегмента, м

Показатель	Формула для расчета, баллы	Переменные
Нормирование показателей	$l_i^n = 1 + \frac{(l_i - l_{\min})}{(l_{\max} - l_{\min})} \times (5 - 1)$	l_i^n – нормированное значение показателя аттрактивности линейного компонента i -го сегмента, баллов
Итоговый показатель аттрактивности	$A_i = p_i^n + l_i^n$	p_i^n – нормированное значение показателя аттрактивности площадного компонента i -го сегмента

Ключевым понятием для определения привлекательности выступает объект-аттрактор — элемент городской инфраструктуры, потенциально привлекательный для посещения. В исследовании учитывались следующие классы аттракторов: музеи, театры, выставочные залы, библиотеки, кинотеатры, зоологические сады, культовые учреждения, панорамные площадки, малые архитектурные формы, уличная скульптура, стадионы и спортивные залы, спортивные площадки, уличные тренажеры, прокат спортивного инвентаря, торгово-развлекательные центры, объекты общественного питания.

Для учета влияния объектов, расположенных в непосредственной близости от пешеходных зон, введен коэффициент близости аттрактора:

– аттрактор первого порядка (вес = 1) — объект, находящийся непосредственно на пешеходной улице или внутри площадного компонента ППКБЦ или примыкающий к нему (не отделенный проезжей частью);

– аттрактор второго порядка (вес = 0,5) — объект, расположенный в пределах квартала, примыкающего к сегментам ППКБЦ, либо на противоположной стороне проезжей части, при условии, что для попадания к нему можно пересечь проезжую часть не более одного раза.

В соответствии с разработанной системой рекомендаций (см. 2.3), пространственная модель данных для картографирования ППКБЦ строится на комбинации векторных типов данных (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Типы данных

Тип объектов	Пространственный тип	Источник данных	Примечание
Линейные компоненты ППКБЦ	Векторные линейные слои	Авторская векторизация по научным материалам [56]	Набережные, пешеходные улицы, бульвары
Площадные компоненты ППКБЦ	Векторные полигональные слои		Парки, скверы, площади
Объекты-аттракторы	Векторные точечные слои	OSM [29], Яндекс.Карты [115], 2ГИС [117]	Атрибутивные значения: класс, адрес, близость

Данные КБД для исследования:

- базовый блок — границы большого центра г. Перми, сегменты ППКБЦ;
- тематический блок — точечные слои объектов-аттракторов с атрибутивными характеристиками.

При проведении пространственного анализа учитывались следующие топологические правила и ограничения.

1 Для границ сегментов ППКБЦ:

- сегменты не должны пересекаться и иметь пробелов (полигоны смежных сегментов соединены линейными объектами);
- каждый сегмент включает площадные и (или) линейные компоненты.

2 Для объектов-аттракторов:

- аттракторы первого порядка должны находиться строго внутри полигонов площадных компонентов или непосредственно примыкать к компонентам;
- для аттракторов второго порядка применяется правило: объекты, попадающие в 10-метровую зону от границ сегмента, подлежат дополнительной проверке на соответствие условию «не более одного пересечения проезжей части».

3 Ограничения, связанные с источниками данных:

- неравномерность полноты данных OSM по разным районам города компенсировалась верификацией по данным Яндекс.Карт и 2ГИС;
- отсутствие единой системы классификации объектов в разных источниках потребовало разработки правил атрибутивной гармонизации (приведение «кодов» OSM и категорий 2ГИС к единому перечню классов аттракторов).

Для визуализации результатов оценки аттрактивности ППКБЦ использован способ значков для отображения локализации и типологии аттракторов и картограмм – пространственных различий показателя аттрактивности.

Апробация предложенного метода на примере г. Перми позволила создать серию карт, отражающих пространственную дифференциацию аттрактивности пешеходных зон большого центра (рисунки 3.28–3.30). Анализ полученных картографических материалов выявил существенные различия между сегментами ППКБЦ:

- наиболее высокая аттрактивность характерна для набережной р. Камы (сегмент № 1), где доминируют аттракторы первого порядка (спортивные площадки, малые архитектурные формы), появившиеся в ходе реконструкции;
- высокие показатели также у эспланады (сегмент № 2) и территории у ж/д вокзала Пермь-2 (сегмент № 5), при этом для эспланады значим вклад аттракторов второго порядка (объекты общепита на прилегающих улицах);
- наименее привлекательными оказались сегменты на южной (№ 3) и восточной (№ 4) окраинах большого центра.

Полученные картографические материалы могут служить основой для принятия управленческих решений по развитию пешеходных пространств и повышению их привлекательности [73].

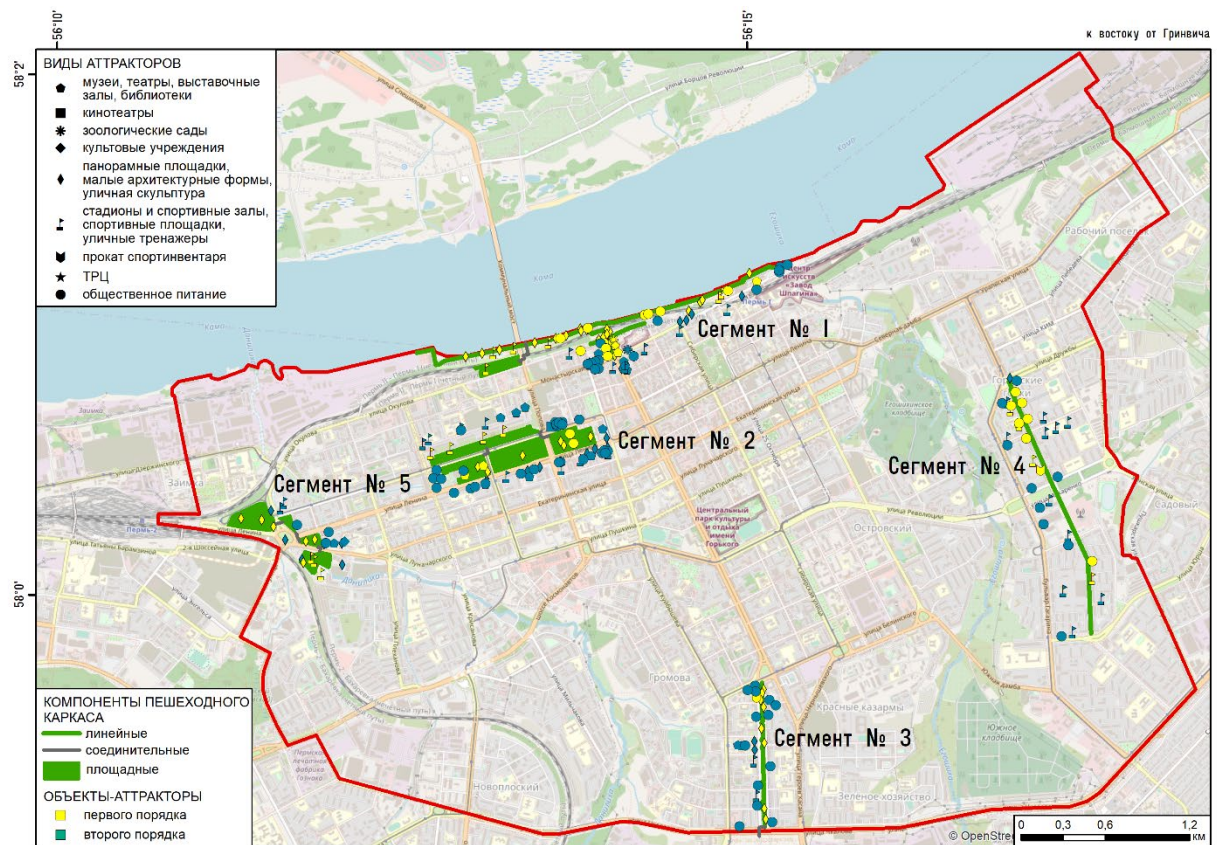


Рисунок 3.28 – Карта распределения аттракторов по сегментам ППКБЦ г. Перми

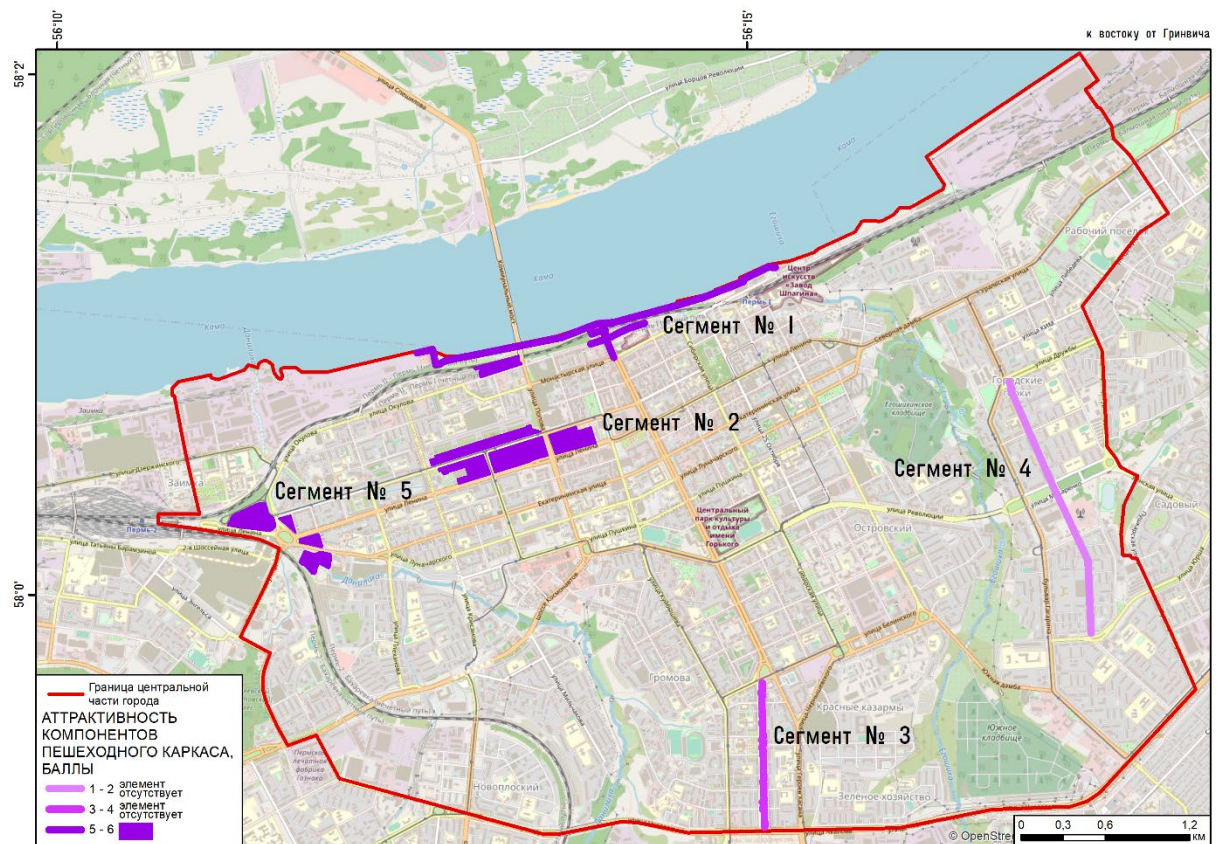


Рисунок 3.29 – Карта аттрактивности компонентов ППКБЦ г. Перми

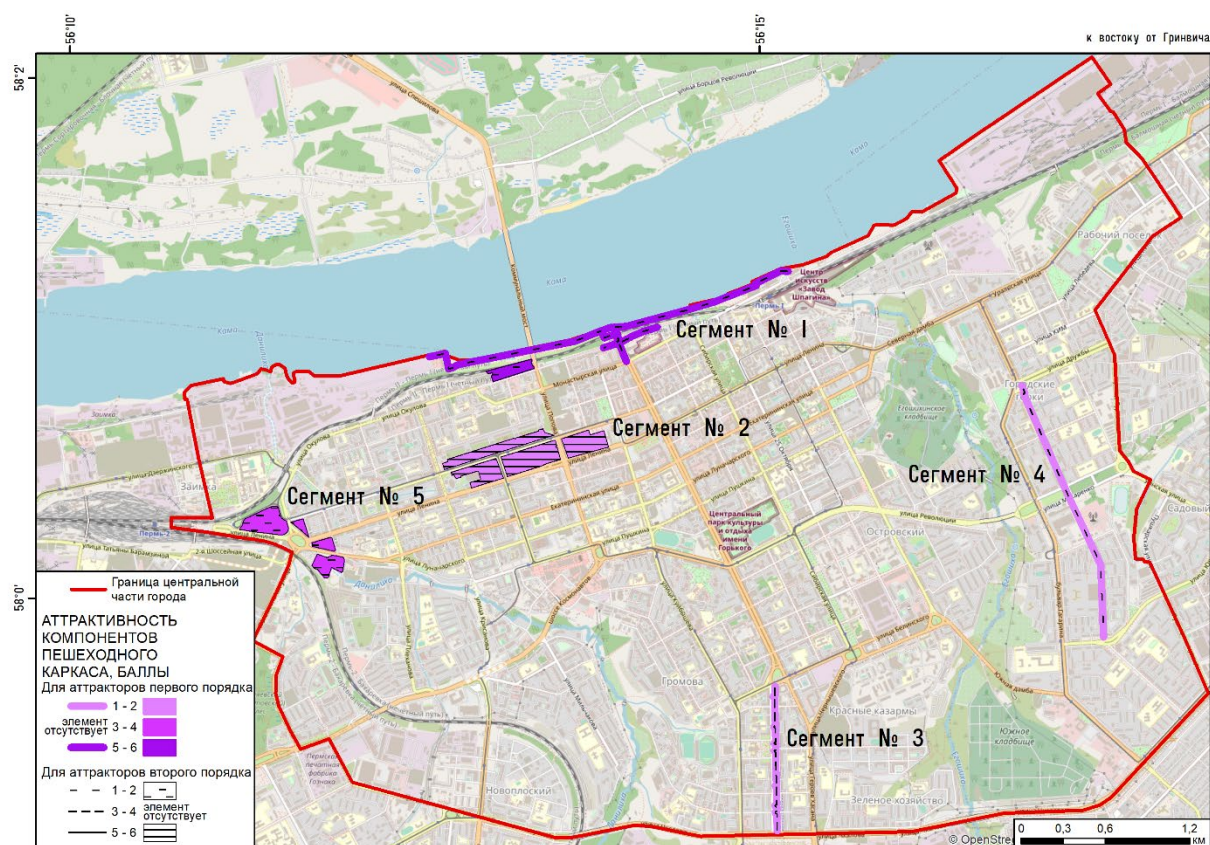


Рисунок 3.30 – Карта аттрактивности компонентов ППКБЦ г. Перми в разрезе аттракторов первого и второго порядка

Разработанный метод картографирования аттрактивности пешеходно-променадного каркаса позволяет:

1 Формализовать процесс оценки привлекательности городских объектов или пространств через систему количественных показателей.

2 Учитывать не только объекты, непосредственно расположенные в границах пешеходных зон, но и аттракторы прилегающих территорий, что существенно повышает объективность оценки.

3 Выявлять «узкие места» — территории с недостаточной аттрактивностью — и обосновывать рекомендации по их развитию (усиление связности, насыщение аттракторами первого порядка, стимулирование размещения объектов сферы услуг).

3.6 Выводы по третьему разделу

В третьем разделе представлены результаты практической реализации разработанной во втором разделе системы методических рекомендаций геоинформационного картографирования городской среды. На примере городов Перми и Кудымкара апробированы методы картографирования компонентов городской среды (таблица 3.18), получена серия тематических карт различного иерархического уровня (административных районов, микрорайонов и жилых кварталов города), отражающих пространственные закономерности распределения населения, объектов социальной инфраструктуры, характеристик жилищного фонда, маршрутной сети общественного транспорта и аттрактивности пешеходных пространств.

Реализована многоуровневая система картографирования населения, обеспечивающая переход от традиционного анализа по административным районам к детальному пространственному анализу на уровне квартальной сети и отдельных жилых домов. Ключевым техническим результатом является алгоритм определения численности населения, основанного на данных об общей жилой площади зданий (OSM, Данные «Реформа ЖКХ») с использованием нормативного показателя $24 \text{ м}^2/\text{чел.}$. Применение алгоритма позволило получить расчетную численность населения г. Перми (1 030 184 чел.), сходящуюся с официальными данными Пермьстата (1 027 200 чел.) с относительной ошибкой менее 1 % для города в целом. На основе расчетных данных построены картограммы плотности населения и тепловая карта плотности населения (метод ядерной оценки плотности), выявляющие пространственную дифференциацию населения внутри города независимо от административных границ.

Разработан комплекс методов анализа социальной инфраструктуры:

– с использованием сетевого анализа. Построена модель дорожного графа с атрибутами скоростного режима. Реализованы два сценария моделирования («идеальные условия» и «час пик»), позволяющие оценить влияние загруженности дорожной сети на время прибытия экстренных служб. Наложение полученных

изохрон на слой жилых домов позволило выявить территории, не укладывающиеся в нормативные временные границы (20 минут для скорой помощи);

Таблица 3.18 – Методы геоинформационного картографирования компонентов городской среды

№	Компонент	Методы
1	Население	Картографирование демографических показателей на основе официальных статистических данных. Определение численности населения по данным о жилой застройке. Оценка плотности населения с использованием методов плотности ядер
2	Транспорт	Картографирование сети общественного транспорта на основе открытых и общедоступных источников данных
3	Жилищный фонд	Картографирование стоимости жилья на уровне квартальной сети на основе коммерческих данных
4	Социальная сфера	Картографирование типов и характеристик объектов на основе адресных реестров. Оценка обеспеченности социальной инфраструктурой на уровне районов, микрорайонов, а также с использованием гексагональной сетки и буферного анализа. Моделирование изохрон доступности методами сетевого анализа. Определение зон обслуживания учреждений на основе сетевого анализа
5	Общественные пространства	Количественная оценка аттрактивности пешеходных пространств

– с использованием гексагональной сетки. Применение регулярной сетки с размером ячейки 1 000 м (радиус вписанной окружности 500 м, соответствующий нормативному радиусу обслуживания аптек) позволило оценить плотность, загруженность и обеспеченность аптечных учреждений. Разработан и реализован алгоритм расчета коэффициента обеспеченности с классификацией территорий по принципу «светофора», обеспечивающий оперативную идентификацию зон дефицита независимо от административно-территориального деления;

– с использованием буферного анализа. Построение буферных зон (500 м) вокруг объектов социальной инфраструктуры с последующим наложением на слой жилых домов позволило оценить численность населения, обеспеченного шаговой доступностью к услугам.

Разработан метод картографирования стоимости жилья на уровне квартальной сети на основе коммерческих данных с использованием парсинга сервиса

Avito. Процедура включала сбор объявлений, очистку от дубликатов и выбросов, геокодирование адресов и агрегацию по квартальной сети.

На основе открытых данных портала «Общественный транспорт города Перми» (map.gortransperm.ru) выполнено картографирование маршрутной сети общественного транспорта. Создан векторный слой линий маршрутов с разделением по видам транспорта (автобус, трамвай, маршрутное такси, пригородный электропоезд). Данные о конечных остановках и транспортных узлах получены из мобильной версии портала (m.gortransperm.ru), данных РЖД (pass.rzd.ru) и верифицированы по картографическим сервисам 2ГИС и Яндекс.Карты. Способами картографического изображения выбраны линейные знаки (для маршрутов) с дифференциацией по видам транспорта и значки (для остановок и узлов), что обеспечивает наглядное представление пространственной структуры транспортной системы города.

Разработан метод количественной оценки аттрактивности пешеходно-променадного каркаса, основанный на иерархии объектов-аттракторов с весовыми коэффициентами (1 — первого порядка, 0,5 — второго порядка). Реализован алгоритм пространственной выборки и расчета интегральных показателей аттрактивности для линейных и площадных компонентов. На примере г. Перми построены карты распределения аттракторов по сегментам ППКБЦ и картограммы аттрактивности, выявившие существенные внутригородские различия.

Использование системы позволило выполнить картографирование компонентов городской среды в различных масштабах и с большей информативностью по сравнению с официальными источниками данных (таблица 3.19). При переходе от картографирования на основе официальных данных к неофициальным либо комбинируя их, появляется возможность использовать более детальные административно-территориальные единицы города для визуализации данных, что приводит к увеличению возможного количества показателей, отображаемых на карте.

Апробация разработанной системы рекомендаций на городах разного размера — Перми (город-миллионник, население более 1 млн чел.) и Кудымкаре (малый город, население около 30 тыс. чел.) — подтвердила их применимость для

населенных пунктов любой размерности при наличии минимального набора исходных пространственных данных. Все методы реализованы с использованием ArcGIS и QGIS на основе открытых и общедоступных источников, что обеспечивает их воспроизводимость.

Таблица 3.19 – Масштабы и информативность картографирования компонентов городской среды (на примере г. Перми)

Исходные данные	Масштабные ряды, формат А3-А4	Информативность, возможные варианты показателей
Официальные данные	1 : 100 000 и мельче, отображаемая территория – город	• Уровень городских районов, возможное количество показателей – 7
	1 : 40 000 – 1 : 70 000, отображаемая территория – части города	• Уровень городских районов, возможное количество показателей – 7. • Уровень микрорайонов, возможное количество показателей – 89. • Уровень квартальной сети, возможное количество показателей – 3544
Не официальные данные	1 : 30 000 и крупнее, отображаемая территория – части города и отдельные микрорайоны	• Уровень микрорайонов, возможное количество показателей – 89. • Уровень квартальной сети, возможное количество показателей – 3544. • Уровень отдельных объектов – по количеству объектов

Полученные картографические материалы демонстрируют работоспособность системы, предложенной во втором разделе, которая может быть использована органами местного самоуправления, градостроительными организациями и юридическими лицами для планирования развития городской среды, оптимизации логистики города, размещения объектов социальной инфраструктуры, оценки инвестиционной привлекательности территорий и повышения качества жизни населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационного исследования была достигнута его цель – разработаны и усовершенствованы методы картографирования компонентов городской среды.

Основные результаты исследования заключаются в следующем:

- проанализирован и обобщен российский и зарубежный опыт картографирования городской среды. Современная городская среда представляет собой сложную систему. Основными компонентами городской среды становятся население, социальная инфраструктура, транспорт, жилищный фонд и общественные пространства. Исследования демонстрируют решение узконаправленных, конкретных проблем в планировании и оптимизации городской среды;
- созданы и наполнены рациональные структуры баз картографических и атрибутивных данных, обработаны и актуализированы пространственные данные для картографирования городской среды: население, экономика, жилищный фонд, социальная сфера, общественные пространства. Её ключевыми особенностями являются: модульность, разделение на базовый и тематический блоки, а также система связей через единые пространственные ключи. Созданная КБД является единым, непротиворечивым источником для генерации всего спектра картографических продуктов;
- созданы и адаптированы методы картографирования населения и социальной сферы, обеспечивающие повышение информативности и детальности карт. Реализована многоуровневая система картографирования населения, обеспечивающая переход от традиционного анализа по административным районам к детальному пространственному анализу на уровне микрорайонов, квартальной сети и отдельных жилых домов. Предложены методы анализа социальной инфраструктуры, включающие: сетевой анализ временной доступности, гексагональный анализ обеспеченности, буферный анализ;
- разработан метод картографирования и оценки качества городских пространств на примере отдельных сегментов, в частности пешеходно-променадного каркаса, основанный на иерархии объектов-аттракторов. На примере г. Перми построены карты распределения аттракторов по сегментам ППКБЦ и картограммы аттрактивности, выявившие существенные внутригородские различия;

- разработана и апробирована система методических рекомендаций, формализующая процесс геоинформационного картографирования городской среды. Система представляет собой алгоритм, формализующий процесс от выбора показателя и данных через применение инструментов анализа к обоснованному выбору способа картографического изображения. Данная система обеспечивает воспроизводимость и сопоставимость результатов;

- полученные методы картографирования компонентов городской среды на разных иерархических уровнях могут быть использованы и адаптированы для других муниципальных образований;

- создана серия тематических карт различного иерархического уровня (административных районов, микрорайонов и жилых кварталов города) на основе разработанных методов геоинформационного картографирования городской среды.

Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию в области геоинформатики, картографии и в других областях науки и производства, требующих изучения и визуализации данных в виде картографических материалов о городской среде, а также в деятельности органов местного самоуправления при планировании развития городской среды и размещении объектов социальной инфраструктуры, в научно-исследовательских и проектно-испытательских организациях, в сфере консалтинга, пространственной аналитики и логистики для совершенствования существующих методик внутригородского картографирования.

Перспективы дальнейших исследований по данной тематике открываются в двух направлениях. Первое заключается в уточнении системы показателей компонентов городской среды, их структурирования и привязки к разнородным источникам данных, что позволит перейти к комплексной оценке качества городской среды и адаптировать разработанный инструментарий для задач управления городским развитием на региональном уровне. Второе направление связано с совершенствованием методов расчета численности населения путем дифференциации нормативов жилой площади в зависимости от типа застройки для повышения точности оценок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абедрабу Ахмад, А. Н. Методы картографирования динамики изменения городской застройки /А. Н. Абедрабу Ахмад, И. В. Носков. – Текст : электронный // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/05NZVN323.pdf?ysclid=mtv6z7o8ah31289231>.
- 2 Авито – российский интернет-сервис для размещения объявлений. – URL: <https://www.avito.ru/all/nedvizhimost>. – Текст : электронный (дата обращения 10.12.2024).
- 3 Администрация города Перми. – URL: <https://www.gorodperm.ru>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024)
- 4 Администрация Кудымкарского муниципального округа. – URL: <https://www.admkud.ru/about/gradostroitelstvo/generalnyy-plan/>. – Текст : электронный.
- 5 Аитов, Н. А. Отношения по расселению / Н. А. Аитов. – Свердловск : Изд-во Урал. ун-та, 1987. – 163 с. – Текст : непосредственный.
- 6 Анимица, Е. Г. Крупнейшие города России в контексте глобальных урбанизационных процессов / Е. Г. Анимица. – Текст : электронный // Ars Administrandi. – 2013. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/krupneyshie-goroda-rossii-v-kontekste-globalnyh-urbanizatsionnyh-protsessov> (дата обращения: 19.03.2025).
- 7 Артемьева, О. В. Применение методов геоинформационного картографирования для урбанизированных территорий с использованием данных дистанционного зондирования / О. В. Артемьева, Н. А. Позднякова, Ф. А. Гневашев. – Текст : непосредственный // Геоинформатика. – 2022. – № 3. – С. 4–14.
- 8 Атлас города Перми / С. В. Пьянков, Е. С. Перминова, Я. Р. Полякова [и др.]. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2025. – 108 с.
- 9 Бабкин, Р. А. Оценка численности населения муниципальных образований Московского столичного региона по данным операторов сотовой связи /

Р. А. Бабкин. – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2020. – № 4. – С. 116–121.

10 Барбаш, Н. Б. Методика изучения территориальной дифференциации городской среды / Н. Б. Барбаш. – Москва : Институт географии АН СССР, 1986. – 182 с. – Текст : непосредственный.

11 Барнаул: Научно-справочный атлас : [картографический материал]. – Новосибирск : ПО Инжгеодезия, 2006. – 100 с. – Текст : непосредственный.

12 Беляева, Е. Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия / Е. Л. Беляева. – Москва : Стройиздат, 1977. – 126 с. – Текст : непосредственный.

13 Белякова, Е. А. Систематизация основных факторов качества городской среды / Е. А. Белякова. – Текст : непосредственный // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2020. – № 1. – С. 167–173.

14 Берлянт, А. М. Теория геоизображений : монография / А. М. Берлянт. – Москва : ГЕОС, 2006. – 261 с. – Текст : непосредственный.

15 Бешенцев, А. Н. Картографическая реконструкция природопользования на основе ретроспективных топографических карт / А. Н. Бешенцев, А. А. Лубсанов // Геодезия и картография. – 2023. – № 3. – С. 25-34.

16 Бобровский, Р. О. Пространственное представление данных сотовых операторов о пульсациях населения ЦАО Москвы в течение 2019–2020 гг. в контексте изучения уязвимости населения к чрезвычайным ситуациям / Р. О. Бобровский, Р. А. Бабкин, А. Н. Березняцкий. – Текст : непосредственный // InterCarto.InterGIS. Москва: МГУ, географический факультет. – 2022. – Т. 28, ч. 2. – С. 111–125.

17 Богданов, В. Н. Геоинформационное картографирование городской среды / В. Н. Богданов. – Москва : Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2006. – Текст : непосредственный.

18 Большой атлас Москвы. – Москва : Феория, 2013. – 999 с. – Текст : непосредственный.

19 Гарицкая, М. Ю. Экологические особенности городской среды: учебное пособие / М. Ю. Гарицкая, А. И. Байтелова, О. В. Чекмарева. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 216 с. – Текст : непосредственный.

20 Геложина, Л. М. Комфортная городская среда: понятие и роль общественного участия в развитии городской среды / Л. М. Геложина. – Текст : непосредственный // Экономика и социум. – 2021. – № 9(88). – С. 325–329.

21 Генеральный план Перми – Муниципальное образование город Пермь. – URL: <https://www.gorodperm.ru/actions/building-up/genplan/>. – Текст : электронный.

22 Геоинформационное моделирование метагеосистем города для принятия управленческих решений в сфере экологии / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин, В. А. Шабайкина, О. А. Зарубин, А. В. Кирюшин. – Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 8. – С. 76–85.

23 Город-экосистема / Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев, М. П. Жидков [и др.]. – Москва : ИГРАН, 1996. – 336 с. – ISBN 5-901003-02-0. – Текст : непосредственный.

24 Госавтоинспекция. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. – URL: <http://stat.gibdd.ru/>. – Текст : электронный.

25 Государственная информационная система жилищно-коммунального хозяйства ГИС ЖКХ. – URL: <https://dom.gosuslugi.ru>. – Текст : электронный.

26 Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Пермского края «Пермская станция скорой медицинской помощи». Контакты администрации, адреса подстанций. – URL: <https://perm-03.ru/specialists.html>. – Текст : электронный (дата обращения: 16.05.2025).

27 Гохман, В. ГИС в городском планировании и строительстве / В. Гохман. – Текст : электронный // ArcReview. – 2015 – №2 (73). – URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/05/15/gis-for-urban-design-and-construction/>.

28 Гутнов, А. Э. Город как объект системного исследования / А. Э. Гутнов. – Текст : непосредственный // Системные исследования. Ежегодник. – Москва : Наука, 1977. – С. 212–236.

29 Данные OpenStreetMap в формате shape-файлов по субъектам Российской Федерации. – URL: <https://data.nextgis.com/ru/catalog/subdivisions?country=RU>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024).

30 Данные Реформы ЖКХ. – URL: <https://data.nextgis.com/ru/region/RU-PER/gkh/>. – Текст : электронный (дата обращения 05.06.2024);

31 Данные сервиса ООО «Домклик». – URL: <https://domclick.ru/>. – Текст : электронный (дата обращения 21.08.2024).

32 Данные Федерального фонда пространственных данных. Масштаб 1:100000. – URL: <https://portal.fppd.cgkipd.ru/map?data=eekoers&data=eekomap&data=EekoGMap>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024).

33 Декомпозиция ретроспективных топографических карт для послыной оценки типов регионального природопользования / А. Н. Бешенцев, Т. А. Борисова, А. А. Лубсанов, Д. Г. Будаева, С. А. Петров. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 71–79.

34 ДОМ.РФ – финансовый институт развития в жилищной сфере. – URL: <https://дом.рф/>. – Текст : электронный (дата обращения 21.08.2024).

35 Дридзе, Т. М. Социально обоснованное градоустройство в режиме прогностического проектирования: от социальной диагностики к профилактике конфликтных ситуаций и конструктивному диалогу заинтересованных сторон / Т. М. Дридзе. – Обнинск : Институт муниципального управления, 2004. – 492. – Текст : непосредственный.

36 Евдокимова, Н. М. Город как объект геоинформационного картографирования / Н. М. Евдокимова. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск : СГГА, 2006. Т. 1, ч. 1. – С. 237–239.

37 Евтеев, О. А. Проектирование и составление социально-экономических карт / О. А. Евтеев. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 223 с. – Текст : непосредственный.

38 Исследование городского трафика: Москва, 2017 // Яндекс. – URL: https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow_traffic_2017. – Текст : электронный (дата обращения: 23.05.2025).

39 Карта гулябельности Санкт-Петербурга. – URL: <https://walkability.ru/>. – Текст : электронный.

40 Картографирование плотности жилых помещений для оценки социальной инфраструктуры / В. В. Аникин, А. С. Долгачева, Т. А. Долгачева, С. А. Тесленок. – Текст : непосредственный // Огарёв-online. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 11–16.

41 Коган, Л. Б. Быть горожанином / Л. Б. Коган. – Москва : Мысль, 1990. – 205 с. – Текст : непосредственный.

42 Козеева, И. О. Трехмерное моделирование городского пространства на основе геоинформационных технологий / И. О. Козеева. – Текст : непосредственный // Отходы и ресурсы. – 2022. – Т. 9. – № 3. – DOI: 10.15862/21NZOR322.

43 Комплексное картографирование городов на примере создания Атласа города Перми / Е. С. Перминова, Я. Р. Полякова, С. В. Пьянков, А. Н. Шихов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2025. – № 10. – С. 34–44.

44 Космачев, К. П. Географическая экспертиза. Методологические аспекты / К. П. Космачев. – Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1981. – 110 с. – Текст : непосредственный.

45 Кочуров, Б. И. Оценка эстетических свойств городских ландшафтов / Б. И. Кочуров, Н. В. Бучацкая, И. В. Ивашкина. – Текст : непосредственный // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 4. – С. 143–151.

46 Крашенинников, А. В. Когнитивная урбанистика: архетипы и прототипы городской среды : монография / А. В. Крашенинников. – Москва : КУРС, 2020. – 209 с. – Текст : непосредственный.

47 Крейдин, Э. М. Метод комплексной оценки качества окружающей среды при разработке архитектурно-пространственной композиции жилой застройки / Э. М. Крейдин. – Текст : непосредственный // «Сб. науч. тр. ЦНИИП градостроительства». – 1981. – № 4.

48 Лаппо, Г. М. Города России. Взгляд географа / Г. М. Лаппо. – Москва : Новый хронограф, 2012. – 504 с. – Текст : непосредственный.

49 Ленинград. Историко-географический атлас. – Москва : ГУГК, 1977. – 119 с. – Текст : непосредственный.

50 Липилин, Д. А. Оценка качества городской среды с применением геоинформационных систем на примере Московского микрорайона города Краснодара / Д. А. Липилин, Д. Д. Евтушенко. – Текст : непосредственный // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46, № 2. – С. 223–240. – DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-2-223-240.

51 Лурье, И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : учебное пособие / И. К. Лурье. – Москва : КДУ, 2008. – 424 с. – Текст : электронный.

52 Макаров, В. З. Эколого-географическое картографирование городов : монография / В. З. Макаров, Б. А. Новаковский, А. Н. Чумаченко. – Москва : Научный мир, 2002. – 196 с. – Текст : непосредственный.

53 Марков, Ю. Г. Городские системы: принцип территориального оптимума / Ю. Г. Марков. – Текст : непосредственный // Известия Всесоюзного географического общества. – 1990. – Т. 122, вып. 3. – С. 272–277.

54 Машкин, Н. Л. История Древнего Рима / Н. Л. Машкин. – Москва : [б. и.], 1949. – 736 с. – Текст : непосредственный.

55 Меркушев, С. А. Оценка качества среды городов-миллионеров России: новые возможности и проблемы / С. А. Меркушев, Я. Р. Полякова, Т. В. Субботина. – Текст : непосредственный // Современная Евразия: общественно-географический анализ : материалы международной научной конференции, Улан-Удэ, Улан-Батор, 2023 г. – Улан-Удэ : Изд-во БГУ, 2023. – С. 115–120.

56 Меркушев, С. А. Центр и внешняя зона российских городов-миллионеров: подходы к оценке аттрактивности / С. А. Меркушев. – Текст : непосредственный // Региональная политика, политическая география и геополитика: история и современность : материалы международной научной конференции, посвящённой 20-летию кафедры региональной политики и политической географии

СПбГУ, Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2022 г. / под редакцией Н. М. Михеевой, Н. В. Каледина ; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург : ВВМ, 2022. – С. 355–364.

57 Мурзин, А. Д. Городская среда как комплексное социо-эколого-экономическое пространство / А. Д. Мурзин. – Текст : непосредственный // Экономика и экология территориальных образований. – 2020. – Т. 4, № 3. – С. 53–59.

58 Национальная система пространственных данных (НСПД). – URL: nspd.gov.ru. – Текст : электронный.

59 Нотман, О. В. Социальное картографирование пространства мегаполиса: микрорайоны как места проживания, места приложения труда и места досуговой активности жителей / О. В. Нотман, А. П. Багирова. – Текст : непосредственный // Социологический журнал. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 124–143.

60 Нотман, О. В. Городская среда как междисциплинарное понятие / О. В. Нотман. – Текст : непосредственный // Общество: социология, психология, педагогика. – 2021. – № 12. – С. 104–107.

61 О генеральном плане города Москвы (основные направления градостроительного развития города Москвы): закон г. Москвы от 27.04.2005 № 14. – URL: <http://official.academic.ru/24077>. – Текст : электронный.

62 О социальных гарантиях сотрудникам некоторых федеральных органов исполнительной власти и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федеральный закон от 30 декабря 2012 г. № 283-ФЗ. – URL: <https://www.consultant.ru> – Текст : электронный.

63 Об утверждении Порядка и сроков прохождения медицинскими работниками и фармацевтическими работниками аттестации для получения квалификационной категории : Приказ Минздрава России от 13 февраля 2013 г. № 66. – URL: <https://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

64 Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи : приказ Минздрава России от 20 июня 2013 г. № 388н. – URL: <https://www.consultant.ru>. – Текст : электронный

65 Общественный транспорт города Перми. – URL: map.gortransperm.ru. – Текст : электронный.

66 Оценка обеспеченности территории города рекреационными объектами для перспективного планирования организации землепользования / А. В. Дубровский, А. В. Ершов, О. И. Малыгина, Е. С. Стегниенко, А. А. Колесников, В. И. Татаренко // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т.28. – № 6. – С. 86–98.

67 Парк, Р. Город как социальная лаборатория / Р. Парк. – Текст : непосредственный // Социологическое обозрение. – 2002. – Т. 2, № 3. – С. 3–12.

68 Перцик, Е. Н. Геоурбанистика : учебник для вузов / Е. Н. Перцик. – 2-е изд., стер. – Москва : Юрайт, 2023. – 481 с. – Текст : непосредственный.

69 Пирогов, С. В. Социология города : учеб. пособие / С. В. Пирогов. – Москва : Новый учебник, 2004. – 207 с. – Текст : непосредственный.

70 Полякова, Я. Р. Аспекты социально-экономико-географического картографирования города Перми / Я. Р. Полякова, Н. В. Бажукова. – Текст : непосредственный // Новая наука: новые вызовы : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 2017 г. – Краснодар : Новация, 2017. – С. 78–82.

71 Полякова, Я. Р. Картографирование городских территорий / Я. Р. Полякова. – Текст : непосредственный // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 11-13(79). – С. 76–81.

72 Полякова, Я. Р. Картографирование социальной инфраструктуры города Перми / Я. Р. Полякова, Н. А. Сторожук. – Текст : непосредственный. // Вестник СГУГиТ. – 2026. – Т. 31, № 2. – С. 98–105. – DOI: 10.33764/2411-1759-2026-31-2-98-105.

73 Полякова, Я. Р. Оценка аттрактивности сегментов пешеходных зон большого центра Перми средствами геоинформационных технологий / Я. Р. Полякова, С. А. Меркушев. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2024. – № 1. – С. 33–42. – DOI: 10.22389/0016-7126-2024-1003-1-33-42.

74 Применение виртуальных панорам в цифровом тематическом картографировании / А. А. Колесников, Я. Г. Пошивайло, Е. С. Утробина, С. А. Миронова // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 74–87.

75 Прохорова, Е. А. Социально-экономические карты : учебное пособие, электронное издание сетевого распространения / Е. А. Прохорова. – Москва : КДУ : Добросвет, 2018. – 414 с. – Текст : непосредственный.

76 Публичный портал Информационной системы обеспечения градостроительной деятельности г. Перми. – URL: <https://isogd.gorodperm.ru/>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024)

77 Разработка комплексного атласа города Перми / С. В. Пьянков, Н. В. Бажукова, Е. В. Конышев, А. С. Лучников, Я. Р. Полякова, Ю. В. Попова, П. Ю. Санников, А. Н. Шихов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2023. – № 8. – С. 39–48. – DOI: 10.22389/0016-7126-2023-998-8-39-48.

78 Реймерс, Н. Ф. Экология : Теории, законы, правила, принципы и гипотезы / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Журн. «Россия молодая», 1994. – 364 с. – Текст : непосредственный.

79 Реформа ЖКХ. – URL: <https://www.reformagkh.ru>. – Текст : электронный.

80 РЖД Пассажирам. – URL: pass.rzd.ru. – Текст : электронный.

81 Ромах, Е. А. Картографирование изменения транспортной доступности районов Москвы / Е. А. Ромах, А. М. Карпачевский / Текст : непосредственный // Научные исследования молодых ученых-картографов : сборник статей / под рук. сотрудников кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. – Москва : КДУ, Добросвет, 2022. – С. 95–103. – DOI: 10.31453/kdu.ru.978-5-7913-1262-4-2022-148.

82 Салищев, К. А. Картоведение : учебник / К. А. Салищев. – Москва : Изд-во МГУ, 1990. – 400 с. – Текст : непосредственный.

83 Сваткова, Т. Г. Атласная картография : учебное пособие / Т. Г. Сваткова. – Москва : Аспект Пресс, 2002. – 203 с. – Текст : непосредственный.

84 Сверлова, Л. И. Научные основы современного подхода к оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха городов / Л. И. Сверлова. – Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 7. – С. 20–22.

85 Семина, И. А. Геоинформационный подход к исследованию функционирования транспорта в городской среде / И. А. Семина, М. В. Кустов. – Текст : непосредственный // Экология урбанизированных территорий. – 2010. – № 1. – С. 39–45.

86 Сервис поиска персонала и публикации вакансий. – URL: <https://perm.hh.ru/>. – Текст : электронный (дата обращения 21.08.2024).

87 Сергеева, О. С. Разработка методики расчета площади озеленения города с применением данных дистанционного зондирования земли / О. С. Сергеева, С. П. Пирожков. – Текст : непосредственный // Географический вестник. – 2021. – № 2 (57). – С. 170–181. – DOI: 10.17072/2079-7877-2021-2-170-181.

88 Сетевое издание Официальный сайт муниципального образования город Пермь. Спорт. – URL: <https://www.gorodperm.ru/actions/social/sport/sportdvor/>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024)

89 СИМЕТРА Групп. Рейтинг городов России по качеству общественного транспорта. – URL: <https://publictransport.simetragroup.ru/rating>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024)

90 Система контроля за формированием и использованием средств дорожных фондов, ФАУ «РОСДОРНИИ», 2018 – 2024. – URL: <https://скдф.рф/>. – Текст : электронный (дата обращения 05.06.2024)

91 СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* : свод правил : утвержден Приказом Минстроя России от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр. – URL: <https://www.consultant.ru> – Текст : электронный.

92 СП 531.1325800.2024. Градостроительство. Модели городской среды. Общие положения. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/362294/>. – Текст : электронный.

93 Спутниковые снимки Sentinel-2. – URL: <https://eos.com/landviewer/>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024)

94 Сторожук, Н. А. Тематическое картографирование как подход к изучению городской квартальной сети (на примере Орджоникидзевого района г. Перми) / Н. А. Сторожук, Я. Р. Полякова. – Текст : непосредственный // Сборник материалов участников международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках XXI Большого географического фестиваля, посвящённого 100-летию вхождения Географического Института в состав СПбГУ. – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2025. – С. 711–715.

95 Строкова, Е. А. Анализ обеспеченности населенного пункта объектами социальной инфраструктуры с применением геоинформационных технологий / Е. А. Строкова, А. В. Ершов, А. В. Чернов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. . XVIII Международный научный конгресс, 18–20 мая 2022 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – С. 135–143.

96 Талапов, В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий : учебное пособие / В. В. Талапов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 392 с. – Текст : непосредственный.

97 Тараканов, О. В. Системы баз данных: организация, инженерия, ведение : учебное пособие / О. В. Тараканов. – Москва : РТУ МИРЭА, 2023. – 373 с. – ISBN 978-5-7339-1767-2. – Текст : непосредственный.

98 Тепловая бизнес-карта ЭкспортБаза. – URL: <https://map.export-base.ru/>. – Текст : электронный.

99 Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. – URL: <https://59.rosstat.gov.ru/>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024)

100 Тетерин, А. К. Оценка доступности остановок общественного транспорта методами ГИС на примере г. Сыктывкара / А. К. Тетерин. – Текст : непосредственный // Научные высказывания. – 2023. – № 13 (37). – С. 15–18.

101 Федеральная государственная информационная система территориального планирования. – URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/design/main>. – Текст : электронный (дата обращения 01.07.2024).

102 Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/>. – Текст : электронный (дата обращения 01.03.2024)

103 Федеральная служба государственной статистики. Микроданные. – URL: <https://obdx.rosstat.gov.ru/>, https://rosstat.gov.ru/labour_force#. – Текст : электронный (дата обращения 01.07.2024).

104 Фонд развития территорий. – URL: <https://фрт.рф/>. – Текст : электронный (дата обращения 21.08.2024).

105 Форрестер, Дж. Динамика развития города / Дж. Форрестер. – Москва : Прогресс, 1974. – 286 с. – Текст : непосредственный.

106 Хайбрахманов, Т. С. Геоинформационное картографирование функциональных зон городских территорий по космическим снимкам / Т. С. Хайбрахманов. – Текст : непосредственный // Геоинформатика. – 2014. – № 2. – С. 55–62.

107 Ханнанова, Е. А. Хронологический обзор и анализ моделей городского развития, разработанных в США и Европе в XVIII–XX вв. / Е. А. Ханнанова, Е. К. Овечкина. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 439–445.

108 ЦИАН – база недвижимости. – URL: <https://perm.cian.ru> (дата обращения 21.08.2024).

109 Черкасов, А. А. Пространственный анализ городов и агломераций: интеграция технологий ГИС и BIG DATA / А. А. Черкасов, Р. К. Махмудов, Н. В. Сопнев. – Текст : непосредственный // Наука. Инновации. Технологии. – 2021. – № 4. – С. 111–126.

110 Шаблий, О. И. Научно-методические основы разработки целевой комплексной программы решения территориальных экономико-экологических проблем. Роль географической науки в разработке и реализации комплексных программ / О. И. Шаблий, М. З. Мальский. – Москва : ГО СССР, 1985. – Текст : непосредственный.

111 Шарыгин, М. Д. Территориальные общественные системы (региональный и локальный уровни организации и управления) : избранные труды / М. Д. Шарыгин. – Пермь : ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2003. – 260 с. – Текст : непосредственный.

112 Шихов, А. Н. Характеристики городской среды г. Перми : база данных : № 2026623991 : дата регистрации 20.08.2026 / А. Н. Шихов, Я. Р. Полякова, Е. С. Перминова ; правообладатель: ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет». – Текст : электронный.

113 Эрмахаметова, Э. В. Исследование экологического состояния городской среды как объекта эколого-географического картографирования / Э. В. Эрмахаметова, Д. Д. Шогдаров. – Текст : непосредственный // Экономика и социум. – 2023. – № 12(115)-1. – С. 1579–1584

114 Юлкина, Н. С. Сравнение и анализ методов и инструментов, применяемых для сбора данных / Н. С. Юлкина, М. С. Шмелев, И. К. Фомина. – Текст : непосредственный // Молодой исследователь Дона. – 2023. – № 6 (45). – С. 49–54.

115 Яндекс Карты – транспорт, навигация, поиск мест. – URL: <https://yandex.ru/maps>. – Текст : электронный.

116 Яндекс.Карты: Пробки. – URL: <https://yandex.ru/maps/probki/>. – Текст : электронный (дата обращения: 01.04.2025).

117 2ГИС. Карта городов России: подробные карты с поиском по адресу. – URL: 2gis.ru. – Текст : электронный.

118 A digital twin smart city for citizen feedback / G. White, A. Zink, L. Codecá, S. Clarke. – Текст : непосредственный // Cities. 2021. – Vol. 110. – P. 1.

119 Assessment of accessibility of public transport by using temporal and spatial analysis / R. Zochowska, M. J. Kłos, P. Soczówka, M. Pilch. – Текст : электронный // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, no. 23. – Art. 16127. – DOI: 10.3390/su142316127.

120 Codd, E. F. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks // Pioneers and Their Contributions to Software Engineering / T. F. Codd. – Текст : непосредственный. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2001. – P. 61–88. – DOI: 10.1007/978-3-642-48354-7_4.

121 Date, C. J. Database Design and Relational Theory. Normal Forms and All That Jazz / C. J. Date. – Berkeley, CA : Apress, 2019. – 451 p. – DOI: 10.1007/978-1-4842-5540-7.

122 Dynamic population mapping using mobile phone data / P. Deville, C. Linard, S. Martin, M. Gilbert, F. Stevens, A. Gaughan, V. Blondel, A. Tatem. – Текст : электронный // Proceedings of the National Academy of Sciences. PNAS Early Edition. – 2014. – URL: https://www.researchgate.net/publication/267449917_Dynamic_population_mapping_using_mobile_phone_data.

123 Fraser, T. Trust but Verify: Validating New Measures for Mapping Social Infrastructure in Cities / T. Fraser, N. Cherdchaiyapong, W. Tekle, E. Thomas, J. Zayas, C. Tan, D. P. Aldrich. – Текст : электронный // March 24, 2022. – URL: <https://ssrn.com/abstract=4065162> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4065162>.

124 GIS-Lab. Базовая оценка транспортной доступности средствами GRASS GIS и QGIS. – URL: https://wiki.gis-lab.info/w/Базовая_оценка_транспортной_доступности_средствами_GRASS_GIS_и_QGIS. – Текст : электронный (дата обращения: 24.05.2025).

125 Lightstone, S. S. Physical Database Design: The Database Professional's Guide to Exploiting Indexes, Views, Storage, and More / S. S. Lightstone, T. J. Teorey, T. Nadeau. – Текст : непосредственный. – Amsterdam ; Boston : Morgan Kaufmann, 2010. – 448 p. – ISBN 9780080552316.

126 Lo, C. P. The Evolution of the Ecological Structure of Hong Kong: Implications for Planning and Future Development / C. P. Lo. – Текст : непосредственный // Urban Geography. – 1986. – Vol. 7, № 4. – P. 311–335.

127 Nominatim. Open-source geocoding with OpenStreetMap data. – URL: <https://nominatim.org/>. – Текст : электронный.

128 Pirowski, T. Detailed mapping of the distribution of a city population based on information from the national database on buildings / T. Pirowski, K. Bartos. – Текст : непосредственный // Geodetski vestnik. – 2018. – № 62 (3). – Pp. 458–471.

129 Population spatialization in China based on night-time imagery and land use data / C. Zeng, Y. Zhou, S. Wang, F. Yan, Q. Zhao. – Текст : непосредственный // International Journal of Remote Sensing. – 2011. – Т. 32, № 24. – С. 9599–9620.

130 Salgado, D. Towards a methodological framework for the integration of mobile phone data in the production of official statistics / D. Salgado, B. Oancea. – Текст : электронный // – URL: https://www.researchgate.net/publication/329571455_Towards_a_methodological_framework_for_the_integration_of_mobile_phone_data_in_the_production_of_official_statistics

131 Spatial Distribution of Population Data Based on Nighttime Light and LUC Data in the Sichuan-Chongqing Region[J] / Hu Yunfeng, ZHAO Guanhua, Zhang QianLi. – Текст : непосредственный // Journal of Geo-information Science. – 2018. – Vol. 20(1). – P. 68–78.

132 Spatial-Temporal Analysis of Retail and Services Using Facebook Places Data: A Case Study in Brno, Czech Republic / J. Hladík, D. Snopková, M. Lichter [et al.]. – Текст : непосредственный // Annals of GIS. – 2022. – Vol. 28, No. 2. – P. 127–145. – DOI: 10.1080/19475683.2021.1921846.

133 Tahmasbi, B. Public transport accessibility measure based on weighted door to door travel time / B. Tahmasbi, H. Haghshenas. – Текст : непосредственный // Computers, Environment and Urban Systems. – 2019. – Vol. 76. – P. 163–177. – DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2019.05.002.

134 Whyte, A. Guidelines for Field Studies in Environmental Perception / A. Whyte. – Paris : UNESCO, 1977. – (MAB Technical Notes ; № 5). – Текст : непосредственный.

135 Willis, K. Third Places: The Social Infrastructure of the Smart City / K. Willis. – Текст : непосредственный // Gated Communities and the Digital Polis. – Pp.199–208.

136 Xiong, He. Extraction of urban built-up area based on the fusion of night-time light data and point of interest data / Xiong He, Zhiming Zhang, Zijiang Yang. – Текст : электронный // Royal Society Open Science. – 2021. – Vol. 8, no. 8. – Art. 210838. – URL: royalsocietypublishing.org. – DOI: 10.1098/rsos.210838.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Система методических рекомендаций

№	Компонент	Подкомпонент	Показатель	Пространственный тип	Топологическая корректность	Способы к.и.
1	Население	Размещение и плотность	– Абсолютная численность населения. – Плотность населения. – Динамика численности населения	<i>Векторное представление</i> Точки – отдельные дома. Полигоны – отдельные дома, городские кварталы, микрорайоны, районы. <i>Растровое представление</i> Поверхности плотности	<i>Жилые дома находятся в жилых кварталах/микрорайонах/административных районах.</i> <i>Население проживает в пределах границ жилых кварталов/микрорайонов/административных районов.</i> <i>Полигоны административных районов не должны иметь пробелов.</i> <i>Поверхности плотности должны покрывать всю жилую территорию.</i> <i>Миграционные потоки не должны иметь разрывов.</i> <i>Этнические группы образуют пространственные скопления.</i> <i>Отношения</i> Один район – Множество характеристик населения (1:М).	– Количественный фон. – Точечный способ. – Картограмма. – Картодиаграмма. – Тепловые карты
		Демографическая структура	– Структура населения по полу и возрасту	<i>Объектные классы</i>		– Картограмма. – Количественный фон. – Картодиаграмма
		Естественное движение населения	– Общий коэффициент рождаемости. – Общий коэффициент смертности. – Демографическая нагрузка. – Естественный прирост населения			– Картограмма. – Картодиаграмма
		Миграция и мобильность	– Миграционный прирост/убыль. – Маятниковой ми-			– Картограмма. – Количественный фон. – Знаки движения.

			грации. – Интенсивность маятниковых потоков. – Интенсивность пешеходных потоков		Одна возрастная группа/биологический признак – Множество людей (1:М). Множество демографических характеристик - Одна территория (М:1).	– Линейные знаки. – Картодиаграмма
		Этнографические характеристики	– Национальный состав. – Религия			– Ареалы. – Качественный фон. – Картограмма
		Социально-экономические характеристики	– Численность, состав и использование трудовых ресурсов. – Доход. – Уровень безработицы			– Картограмма. – Количественный фон. – Количественный фон
2	Транспорт	Дорожно-транспортная сеть	– Класс дороги (магистраль, улица, проезд). – Виды путей (автомобильные, железные дороги, речные, морские, воздушные, трубопроводные). – Здания и остановки (автовокзал, аэропорт, железнодорожный вокзал, речной). – Пропускная способность. – Количество полос. – Состояние покрытия.	<i>Векторное представление</i> Точки – остановочные пункты, места ДТП, вокзалы (ж/д, авиа). Линии – дороги (пути), маршруты транспорта, велослужбы. Полигоны – парковки, здания, автопарки. <i>Растровое представление</i> Доступность (остановок общественного транспорта, частей города и др.), аварийность <i>Объектные классы</i>	Транспортная сеть геометрически корректна (ребра, соединения). Все дороги должны быть «подключены» к сети. Перекрестки должны точно совпадать с конечными точками дорожных сегментов. Остановки находятся в пределах пешеходной доступности	– Линейные знаки. – Значки

			тия. Наличие вело- рожек			
		Интенсивность движения	- Часы пик (количество маршрутов). - Общественный транспорт (ед./час). - Пешеходные потоки. - Грузовые перевозки. - Средняя скорость движения		<i>Средняя скорость движения не противоречит ПДД.</i> <i>Пешеходная дорожка не может напрямую соединяться с скоростной дорогой</i>	Линейные знаки
		Общественный транспорт	- Маршруты по видам (автобус, трамвай, метро). - Частота движения. - Пассажиропоток по маршрутам. - Доступность. - Такси и автопарки		<i>Остановки должны находиться в зоне пешеходной доступности от дорог.</i> <i>Дорожный граф не должен содержать разрывов.</i> <i>Пересадочные узлы должны обеспечивать минимальное время пересадки.</i> <i>Отношения</i> Один маршрут – множество остановок (1 : М). Одна остановка – множество маршрутов (1 : М)	- Линейные знаки. - Значки. - Ареалы. - Изолинии
		Парковочная инфраструктура	- Тип парковки (уличная, многоуровневая). - Вместимость.		<i>Парковочные места не должны пересекать проезжую часть</i>	- Значки. - Ареалы. - Картограмма. - Изолинии

			– Тариф. – Время ограничения стоянки. – Доступность			
		Аварийность	– Места ДТП. – Тип ДТП (столкновение, наезд и др.). – Время суток аварий		<i>Точки ДТП должны быть привязаны к элементам дорожной сети</i>	– Значки. – Изолинии
		Транспортная обеспеченность	– Удаленность от путей сообщения. – Достижимость во времени при использовании разных видов транспорта. – Густота дорожной сети (длина путей на единицу площади или на число жителей)			– Картограммы. – Изолинии
		Транспортные коридоры	– Выделение ключевых транспортных коридоров города как осей развития. – Приоритетные направления для развития ОТ: выделение полос, организация «зеленой волны»			– Линейные знаки. – Значки. – Ареалы
3	Жилищный фонд	Типология	– Тип дома (многоэтажный, малоэтажный, индиви-	<i>Векторное представление</i> Точки или полигоны –	<i>Здания не могут пересекать друг друга.</i>	– Значки. – Качественный фон. – Количественный фон.

		дуальный). – Планировочные элементы (жилые здания/ нежилые). – Материал стен (кирпич, панель, монолит). – Этажность. – Год постройки (период). – Реконструкции и реновации. – Строительные организации	отдельные дома, организации. Полигоны –квартальная сеть. Объектные классы	<i>Здания не могут пересекаться с дорогами.</i> <i>Границы зданий должны совпадать или находиться внутри границ квартальной сети.</i> <i>Плотность застройки не должна превышать нормативы для зоны.</i> <i>Отношения</i> Один дом – множество характеристик (1 : М). Одна строительная организация – множество домов (1 : М)	– Ареалы
	Плотность	– Процент застройки территории	<i>Векторное представление</i> Полигоны - городские кварталы, микрорайоны, районы.		– Картограмма
	Физическое состояние	– Уровень износа (процент). – Аварийность фонда. – Ввод в действие жилых домов (м²). – Строительная активность/строительный потенциал	<i>Векторное представление</i> Точки или полигоны – отдельные дома. Полигоны –квартальная сеть, микрорайоны, районы. Объектные классы.		– Картограмма. – Значки. – 3D-моделирование. – BIM-технологии
	Количественные характеристики	– Общая площадь жилого фонда. – Средняя площадь на человека. – Число жителей на один жилой дом.	<i>Векторное представление</i> Точки или полигоны – отдельные дома. Объектные классы		– Картограмма. – Значки. – Количественный фон

			– Количество квартир. – Средняя площадь квартиры			
		Рынок жилья	– Средняя цена м² (покупка, аренда). – Объем предложений на рынке			– Картограмма. – Изолинии. – Значки
		Условия строительства	– Градостроительные ограничения: зонирование территории, зоны исторической застройки, санитарно-защитные зоны, зоны с особыми условиями использования территорий. – Инженерно-геологические условия: районы со сложными грунтами, подтопляемостью, сейсмичностью	<i>Векторное представление</i> Полигоны – градостроительные зоны, квартальная сеть, микрорайоны, районы	<i>Типы зданий должны соответствовать зоне.</i> <i>Зоны градостроительного зонирования не должны пересекаться.</i> <i>Санитарно-защитные зоны промышленных объектов не пересекаются с жилыми территориями</i>	– Ареалы – Качественный фон
4	Социальная сфера	Образовательная инфраструктура	– Расположение (детских садов, школ, колледжей, вузов). – Вместимость учреждений. – Территории обслуживания. – Фактическая	<i>Векторное представление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Полигоны – зоны обслуживания. Объектные классы	<i>Зоны обслуживания школ должны полностью покрывать жилые территории.</i> <i>Учебные заведения не должны находиться в санитарно-защитных зонах.</i> <i>Мощность объектов должна со-</i>	– Значки. – Ареалы. – Картограмма

			наполняемость (%)		<i>ответствовать нормативной нагрузке.</i> <i>Отношения</i> Одна территория - Многие объекты и характеристики (1 : М)	
	Медицинская инфраструктура	– Расположение поликлиник, больниц, медицинских центров. – Мощность учреждений (пациентов в смену, коек). – Оснащенность оборудованием. – Территории обслуживания. – Обеспеченность населения объектами	<i>Векторное представление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Полигоны – зоны обслуживания, кварталы, микрорайоны, районы. Объектные классы	<i>Зоны обслуживания медицинских учреждений должны полностью покрывать жилые территории.</i> <i>Медицинский учреждения должны находится вблизи дорожно-транспортной сети.</i> <i>Мощность объектов должна соответствовать нормативной нагрузке.</i> <i>Отношения</i> Один объект - Одна зона обслуживания (1:1). Одна территория - Многие объекты и характеристики (1 : М)	– Значки. – Ареалы. – Картограмма	
	Культурные учреждения	– Расположение библиотек, музеев, театров. – Вместимость учреждений. – Посещаемость. – Частота проведения мероприятий	<i>Векторное представление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Объектные классы	<i>Охранные зоны объектов культурного наследия.</i> <i>Мощность объектов должна соответствовать нормативной нагрузке.</i> <i>Отношения</i> Одна территория - Многие объекты и характеристики (1 : М)	– Значки – Картодиаграмма – Изолинии	
	Спортивная ин-	– Расположение	<i>Векторное представ-</i>	<i>Мощность объектов должна со-</i>	– Значки.	

		фраструктура	стадионов, бассейнов, спортплощадок. – Тип объектов. – Посещаемость. – Обеспеченность населения объектами. – Ценовой сегмент	<i>ление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Полигоны – кварталы, микрорайоны, районы. Объектные классы	<i>ответствовать нормативной нагрузке.</i> <i>Отношения</i> Одна территория - Многие объекты и характеристики (1 : М)	– Картодиаграмма. Картограмма
		Торговля, общественное питание и услуги	– Расположение магазинов, ТЦ, объектов питания, объектов услуг (отели, банки, страховые). – Тип и размер объектов. – Ценовой сегмент. – Посещаемость. – Обеспеченность населения объектами.	<i>Векторное представление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Полигоны – кварталы, микрорайоны, районы. Объектные классы	<i>Объекты торговли не должны располагаться в непосредственной близости от образовательных учреждений (норматив).</i> <i>Отношения</i> Одна территория - Многие объекты и характеристики (1 : М).	– Значки. – Картодиаграмма. – Картограмма
		Социальная защита	– Расположение центров соц. обслуживания. – Категории обслуживаемого населения. – Территории обслуживания.	<i>Векторное представление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Полигоны – зоны обслуживания, кварталы, микрорайоны, районы. Объектные классы	<i>Центры социального обслуживания должны покрывать территории проживания льготных категорий.</i> <i>Мощность объектов должна соответствовать нормативной нагрузке.</i> <i>Отношения</i> Один объект - Одна зона обслуживания (1:1). Одна территория - Многие объекты и характеристики (1 : М).	– Значки. – Ареалы
		Доступность	– Пешеход-	<i>Векторное представ-</i>	<i>Время доступа к социальным объ-</i>	– Изолинии.

		услуг	ная/транспортная доступность для ключевых услуг (до детсада/школы - 5-15 мин. пешком, до поликлиники - 15-20 мин. на транспорте, доступность экстренных служб). – Визуализация «социальных пустырь» – районов, удаленных от необходимой инфраструктуры	<i>ление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Полигоны – зоны с «социальных пустырей» <i>Растровое представление – доступность</i>	<i>ектам не должно превышать нормативных значений</i>	– Ареалы
		Новые объекты	– Цифровая инфраструктура: покрытие Wi-Fi, зоны доступа к 5G, точки доступа к городским электронным услугам. – Креативная и досуговая инфраструктура: коворкинги, арт-пространства, антикафе	<i>Векторное представление</i> Точки – объекты инфраструктуры. Полигоны – зоны покрытия (доступа). Объектные классы		– Значки. – Ареалы. – Картодиаграммы
		Типология	– Вид пространства (парк, сквер, площадь, набережная, бульвар)	<i>Векторное представление</i> Линии. Полигоны	<i>Общественные пространства должны располагаться на расстоянии от промышленных предприятий</i>	– Линейные знаки. – Ареалы
5	Общественные пространства	Доступность	– Пешеходная доступность. – Наличие остановок общественного	<i>Векторное представление</i> Линии и полигоны – общественные пространства.	<i>Пешая/транспортная доступность общественного пространства зависит от его вида (норматив)</i>	– Изолинии. – Значки

			транспорта	Точки – остановки общественного транспорта. <i>Растровое представление – пешая/транспортная доступность</i>		
		Благоустройство и инфраструктура	- Наличие освещения, Wi-Fi, видеонаблюдения и тд. - Скамейки, урны, фонтаны и тд. - Состояние покрытий (дорожек, площадок). - Наличие туалетов, раздевалок	<i>Векторное представление</i> Точки. Объектные классы	<i>Инфраструктура общественного пространства зависит от его вида (норматив)</i>	- Значки. - Картограмма. 3D-моделирование
		Активность и посещаемость	- Пиковая посещаемость (людей/час). - Сезонная динамика активности. - Типы активностей (спорт, отдых, игры)	Объектные классы		- Количественный фон. - Значки
		Экологическое состояние	- Озеленение (% площадь). - Температурный режим (эффект острова тепла). - Уровень шумового загрязнения	<i>Векторное представление</i> Полигоны – зеленые зоны. <i>Растровое представление – температура, шумовое загрязнение.</i> Объектные классы	<i>Общественные пространства располагаются вдали от промышленных зон и стационарных источников выбросов</i>	- Картограмма. - Ареалы. - Изолинии

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
Иерархия показателей

№	Компонент	Подкомпонент	Показатель	Иерархические уровни города
1	Население	Размещение и плотность	– Абсолютная численность населения. – Плотность населения	– Город. – Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть
			– Динамика численности населения	– Городские районы.
		Демографическая структура	– Структура населения по полу и возрасту	– Городские районы
		Естественное движение населения	– Общий коэффициент рождаемости. – Общий коэффициент смертности. – Демографическая нагрузка. – Естественный прирост населения	– Городские районы
		Миграция и мобильность	– Миграционный прирост/убыль. – Маятниковая миграция	– Город. – Городские районы
			– Интенсивность пешеходных потоков	– Городские районы. – Микрорайоны
		Этнографические характеристики	– Национальный состав. – Религия	– Город. – Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть
		Социально-экономических характеристики	– Численность, состав и использование трудовых ресурсов. – Доход.	– Городские районы

			– Уровень безработицы	
2	Транспорт	Дорожно-транспортная сеть	– Класс дороги (магистраль, улица, проезд). – Виды путей (автомобильные, железные дороги, речные, морские, воздушные, трубопроводные). – Здания и остановки (автовокзал, аэропорт, железнодорожный вокзал, речной). – Пропускная способность. – Количество полос. – Состояние покрытия. – Наличие велодорожек	– Без привязки к уровням города
		Интенсивность движения	– Часы пик (количество маршрутов). – Общественный транспорт (ед./час). – Грузовые перевозки. – Средняя скорость движения	– Без привязки к уровням города
		Общественный транспорт	– Маршруты по видам (автобус, трамвай, метро). – Частота движения. – Пассажиропоток по маршрутам. – Доступность. – Такси и автопарки	– Без привязки к уровням города
		Парковочная инфраструктура	– Тип парковки (уличная, многоуровневая). – Вместимость. – Тариф. – Время ограничения стоянки. – Доступность	– Без привязки к уровням города
		Аварийность	– Места ДТП.	– Без привязки к уровням

			– Тип ДТП (столкновение, наезд и др.). – Время суток аварий	города
		Транспортная обеспеченность	– Удаленность от путей сообщения. – Достижимость во времени при использовании разных видов транспорта. – Густота дорожной сети (длина путей на единицу площади или на число жителей)	– Микрорайоны. – Квартальная сеть
		Транспортные коридоры	– Выделение ключевых транспортных коридоров города как осей развития. – Приоритетные направления для развития ОТ: выделение полос, организация «зеленой волны»	– Без привязки к уровням города
3	Жилищный фонд	Типология	– Тип дома (многоэтажный, малоэтажный, индивидуальный). – Планировочные элементы (жилые здания/ нежилые). – Материал стен (кирпич, панель, монолит). – Этажность. – Год постройки (период). – Реконструкции и реновации. – Строительные организации	– Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
		Плотность	– Процент застройки территории	– Микрорайоны. – Квартальная сеть
		Физическое состояние	– Уровень износа (процент). – Аварийность фонда. – Ввод в действие жилых домов (м²). – Строительная активность/строительный потенциал	– Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты

			–	
		Количественные характеристики	– Общая площадь жилого фонда. – Средняя площадь на человека. – Число жителей на один жилой дом. – Количество квартир. – Средняя площадь квартиры	– Микрорайоны.. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
		Рынок жилья	– Средняя цена м² (покупка, аренда). – Объем предложений на рынке	– Микрорайоны. – Квартальная сеть
		Условия строительства	– Градостроительные ограничения: зонирование территории, зоны исторической застройки, санитарно-защитные зоны, зоны с особыми условиями использования территорий. – Инженерно-геологических условия: районы с сложными грунтами, подтопляемостью, сейсмичностью	– Город. – Городские районы. – Микрорайоны
4	Социальная сфера	Образовательная инфраструктура	– Расположение (детских садов, школ, колледжей, вузов). – Вместимость учреждений. – Территории обслуживания. – Фактическая наполняемость (%)	– Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
		Медицинская инфраструктура	– Расположение поликлиник, больниц, медицинских центров. – Мощность учреждений (пациентов в смену, коек).	– Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты

			– Оснащенность оборудованием. – Территории обслуживания. – Обеспеченность населения объектами	
		Культурные учреждения	– Расположение библиотек, музеев, театров. – Вместимость учреждений. – Посещаемость. – Частота проведения мероприятий	– Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
		Спортивная инфраструктура	– Расположение стадионов, бассейнов, спортплощадок. – Тип объектов. – Посещаемость. – Обеспеченность населения объектами. – Ценовой сегмент	– Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
		Торговля, общественное питание и услуги	– Расположение магазинов, ТЦ, объектов питания, объектов услуг (отели, банки, страховые). – Тип и размер объектов. – Ценовой сегмент. – Посещаемость. – Обеспеченность населения объектами	– Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
		Социальная защита	– Расположение центров соц. обслуживания. – Категории обслуживаемого населения. – Территории обслуживания	– Городские районы. – Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
		Доступность услуг	– Пешеходная/транспортная доступность для ключевых услуг (до детса-	– Микрорайоны. – Квартальная сеть.

			- да/школы – 5–15 мин. пешком, до поликлиники – 15–20 мин на транспорте, доступность экстренных служб). – Визуализация «социальных пустыр» – районов, удаленных от необходимой инфраструктуры	– Отдельные объекты
		Новые объекты	– Цифровая инфраструктура: покрытие Wi-Fi, зоны доступа к 5G, точки доступа к городским электронным услугам. – Креативная и досуговая инфраструктура: коворкинги, арт-пространства, антикафе	– Микрорайоны. – Квартальная сеть. – Отдельные объекты
5	Общественные пространства	Типология	– Вид пространства (парк, сквер, площадь, набережная, бульвар)	– Городские районы. – Микрорайоны. – Отдельные объекты
		Доступность	– Пешеходная доступность. – Наличие остановок общественного транспорта	– Микрорайоны. – Отдельные объекты
		Благоустройство и инфраструктура	– Наличие освещения, Wi-Fi, видеонаблюдения и тд. – Скамейки, урны, фонтаны и тд. – Состояние покрытий (дорожек, площадок). – Наличие туалетов, раздевалок	– Отдельные объекты
		Активность и посещаемость	– Пиковая посещаемость (людей/час). – Сезонная динамика активности. – Типы активностей (спорт, отдых, игры)	– Отдельные объекты
		Экологическое состояние	– Озеленение (% , площадь). – Температурный режим (эффект острова тепла). – Уровень шумового загрязнения	– Микрорайоны. – Отдельные объекты