

Санкт-Петербургский государственный университет

ЩЕТИНКИН Дмитрий Игоревич

Выпускная квалификационная работа

Оценка доступности сети городского наземного общественного транспорта с применением геоинформационных технологий

Уровень образования: бакалавриат

Направление 05.03.03 «Картография и геоинформатика»

Основная образовательная программа СВ.5020 «Картография и геоинформатика»

Научный руководитель:
доцент кафедры Картографии и
геоинформатики, к.т.н. Паниди Е. А.

Рецензент:
веб-разработчик, ООО «Геосемантика»,
Семенов А. Е.

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА.....	5
1.1. Нормативно-правовая база, регулирующая сферу городского общественного транспорта.....	5
1.2. Понятие доступности городского общественного транспорта.....	6
1.3. Методы оценки доступности.....	7
Глава 2. ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ В ВАСИЛЕОСТРОВСКОМ РАЙОНЕ.....	9
2.1. Особенности Василеостровского района.....	9
2.2. Новая модель транспортного обслуживания Санкт-Петербурга.....	10
2.3. Подготовка исходных данных.....	11
2.4. Анализ доступности методом сетевого анализа.....	15
2.5. Выводы по анализу доступности.....	18
2.6. Пути совершенствования доступности общественного транспорта.....	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	22
ЛИТЕРАТУРА.....	23
Приложение № 1.....	27
Приложение № 2.....	28
Приложение № 3.....	29
Приложение № 4.....	30
Приложение № 5.....	31

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АН – Академия наук;

ГрК – Градостроительный кодекс РФ;

Г(Н)ПТ – городской (наземный) пассажирский транспорт;

НМТО – новая модель транспортного обслуживания

п. – пункт;

ст. – статья;

ОТ – общественный транспорт;

ост. п. – остановочный пункт;

ПО – программное обеспечение;

УДС – улично-дорожная сеть.

ВВЕДЕНИЕ

Для решения большинства задач, связанных с выявлением, моделированием, прогнозированием и оценкой пространственных характеристик транспортных систем, используются географические информационные системы, так как содержат все необходимые для этого инструменты. Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена проблеме применения геоинформационных технологий для анализа сетей городского наземного общественного транспорта.

Цель исследования – оценка доступа потенциальных пользователей к системе наземного общественного транспорта на примере Василеостровского района города Санкт-Петербурга и её изменение в связи с Новой моделью транспортного обслуживания. Василеостровский район, благодаря своему географическому положению, особенностям планировочной структуры и разнообразию застройки, является особенным местом, привлекающим внимание не только туристов, но и учёных, исследователей городских процессов. Общественный транспорт – важнейший элемент городской инфраструктуры, его совершенствование и развитие остаётся одним из наиболее актуальных направлений городского и транспортного планирования. Одной из основных проблем городского общественного транспорта стало обеспечение равных условий доступа населения к остановочным пунктам. По этой причине для быстро развивающихся современных городов или их частей крайне необходима регулярная оценка доступности остановочных пунктов.

Для достижения цели решался ряд задач:

- рассмотрение теоретических и правовых вопросов, связанных с доступностью ОТ;
- обзор методов оценки доступности и практик их применения;
- анализ особенностей исследуемой территории;
- подготовка исходных пространственных данных;
- моделирование зон пешеходной доступности;
- выявление объектов и зон с недостаточным доступом;
- картографическая визуализация результатов.

Актуальность темы обусловлена тем, что она включена в проблематику современного геоинформационного моделирования транспортных систем. Практическая ценность вызвана тем, что результаты настоящей работы могут представлять интерес для исследователей транспорта и городов.

Работа выполнялась с использованием ПО QGIS 3.28.5, ArcGIS ArcMap 10.6.1, Inkscape, Microsoft Office 2019 (Word, Excel).

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

1.1. Нормативно-правовая база, регулирующая сферу городского общественного транспорта

Основные документы различных уровней, прямо или косвенно затрагивающие вопрос общественного транспорта, в том числе его территориальной доступности (на примере Санкт-Петербурга):

- 1) Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года);
- 2) «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ;
- 3) Свод правил СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89»;
- 4) Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом»;
- 5) Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11 апреля 2017 года № 257 «Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Санкт-Петербурга»

Конституция РФ

Конституция – это основной закон страны, имеет высшую юридическую силу и применяется на всей территории страны. Законы и иные правовые акты, принимаемые в Российской Федерации, не могут противоречить Конституции. Статья 7 Конституции РФ гласит, что Россия – социальное государство, политика которого направлена на обеспечение достойной жизни и свободного развития человека. Социальная политика Российской Федерации, то есть принятие конкретных системных мер с целью жизнеобеспечения населения, безусловно, затрагивает и сферы градостроительства, в том числе территориальное и транспортное планирование городов.

Градостроительный кодекс РФ

Основной закон, поясняющий все основные термины и регулирующий отношения в области градостроительной деятельности. В соответствии со статьёй 3 ГрК РФ, никакие другие правовые акты, регулирующие отношения в данной области, не могут противоречить ГрК РФ. В пункте 1 статьи 9 Градостроительный кодекс утверждает, что целями территориального планирования являются, помимо прочего, развитие транспортной и

социальной инфраструктур, в пункте 3 статьи 42, что основная часть проекта планировки территории включает в себя чертежи, отображающие объекты транспортной инфраструктуры и программы её развития, а в пункте 4 статьи 42, что материалы по обоснованию проекта планировки содержат схему организации движения транспорта, отражающую в том числе и местоположение объектов транспортной инфраструктуры, учитывающую прогнозы потребностей в транспортном обеспечении на территории.

СП 42.13330.2016

Свод правил распространяется на проектирование новых и реконструкцию существующих городских поселений, содержит основные требования к их планировке и застройке. В соответствии со ст. 11.24, дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного пассажирского транспорта следует принимать не более 500 м, от поликлиник и медицинских организаций стационарного типа, отделений социального обслуживания граждан дальность подходов не должна превышать 150 м, а в производственных и складских зонах – 400 м от проходных предприятий.

Распоряжение Минтранса РФ «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения»

Настоящий социальный стандарт содержит показатели качества транспортного обслуживания населения, устанавливает требования к территориальной доступности остановочных пунктов. В соответствии с п. 3.1.1. предельное расстояние кратчайшего пешеходного пути с учётом естественных и искусственных преград от границ участка многоквартирного дома или предприятия торговли с общей площадью зала 1000 кв. м и более до ближайшего остановочного пункта составляет 500 м, от границ участка поликлиники и больницы, учреждения (отделения) социального обслуживания граждан, терминала внешнего транспорта – 300 м.

Постановление Правительства СПб «Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Санкт-Петербурга»

Нормативы градостроительного проектирования Санкт-Петербурга установлены в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека. В пункте 2.2.1.2.2. Постановления утверждается, что расчёт минимального расчётного показателя плотности магистральной улично-дорожной сети производится с учётом требований к дальности пешеходного подхода к остановочным пунктам ГПТ.

1.2. Понятие доступности городского общественного транспорта

Под доступностью общественного транспорта в настоящем исследовании подразумевают территориальную (пространственную) доступность транспортной системы – характеристику удалённости пользователей от места предоставления услуг по перевозке

пассажира (Lei, Church, 2010; Распоряжение Минтранса РФ «Об утверждении...»). Этот показатель отражает качество транспортного обслуживания населения (Распоряжение Минтранса РФ «Об утверждении ...»).

В иных работах, преимущественно зарубежных авторов, под доступностью ОТ понимают: 1) временные характеристики (например, минимальное время в пути между пунктом отправления и пунктом назначения), учитывающие пространственно-временные различия в транспортных услугах (Farber, Fu, 2017; Fayyaz и др., 2017; Lei, Church, 2010); 2) величина стоимости проезда на ОТ между парами остановок или усилия, связанные с совершением поездки (Головнин, Кондратьева, 2016; Lei, Church, 2010).

Иногда под доступностью транспорта подразумевают обеспечение доступа маломобильных групп населения к транспортной инфраструктуре, её соответствие общим техническим требованиям безопасности для инвалидов (ГОСТ Р 51090-2017).

Территориальная доступность сети городского общественного транспорта, в соответствии с нормативными документами, рассмотренными в разделе 1.1., определяется расстояниями (дальностью пешеходных подходов) между потенциальными пользователями и ближайшими к ним остановочными пунктами. В свою очередь оценка доступности чаще всего представляет собой моделирование пешеходных подходов от остановочных пунктов на некоторой территории и контроль их соответствия установленным допускам (Головнин, Кондратьева, 2016; Данилина и др., 2020; Дубачева, 2020; Куликов, 2017; Морозов и др., 2020).

1.3. Методы оценки доступности

Существует два наиболее распространённых метода моделирования пешеходной доступности, реализуемых с помощью географических информационных систем: метод буферного анализа и метод сетевого анализа (Морозов и др., 2020).

Метод буферного анализа

Метод заключается в построении вокруг остановочных пунктов круговых буферных зон с заданным радиусом. В результате операции образуется покрытие территории буферными зонами, которые моделируют зону пешеходной доступности сети ГПТ. В тех случаях, когда радиус буферной зоны равен наибольшему допустимому значению дальности пешеходных подходов, часто происходит «завышение» показателя доступности, т.е. модель имеет большую площадь, чем реальная зона пешеходной доступности. Это вызвано непрямолинейностью улично-дорожной сети, которая возникает из-за различных естественных и искусственных преград на пути следования. Коэффициентом непрямолинейности называют отношение фактической длины пути к расстоянию по прямой (Руководство по проектированию..., 1980). Он применяется для корректировки радиуса буферных зон с целью получения модели, наиболее приближенной к реальной ситуации на

местности (Морозов и др., 2020). Однако коэффициент непрямолинейности не поможет исключить ошибки, обусловленные значительными распространёнными в пространстве преградами (крупные водные объекты, железнодорожные линии, закрытые огороженные территории и т.д.).

Метод сетевого анализа

Метод заключается в моделировании зон пешеходной доступности по пешеходной сети, состоящей из звеньев и узлов и отражающей пешеходные пути – траектории движения пешеходов. Этот метод, в отличие от метода «буферных зон», во многих случаях решает проблему непрямолинейности УДС и исключает проблему непреодолимых препятствий на пути пешеходов. Однако он имеет свой недостаток: неполнота пешеходной сети. Большинство существующих моделей пешеходных систем не содержат всех возможных путей следования пешеходов, включая тропинки, подходы к парадным, внутриворонные проходы и прочее (Морозов и др., 2020). Также создание подробных пешеходных сетей требует больших затрат.

Глава 2. ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ В ВАСИЛЕОСТРОВСКОМ РАЙОНЕ

2.1. Особенности Василеостровского района

Василеостровский район – единица административно-территориального деления города Санкт-Петербурга, один из центральных районов, расположенный в дельте Невы и включающий два крупных острова, разделённых рекой Смоленкой: Васильевский остров и остров Декабристов, и небольшой Северный остров без жилой застройки (ru.wikipedia.org, Василеостровский район). Район один из самых малых по площади, занимает 21,47 км², 10,9 км² из которых – территория Васильевского острова (www.gov.spb.ru, Василеостровский район). Северная граница проходит по реке Большая Нева, южная – по реке Малая Нева. Западная часть района вдаётся в Финский залив, а восточная представляет собой Стрелку Васильевского острова. В Василеостровском районе расположены 5 внутригородских муниципальных образований, общая численность которых на 2021 составляет 205240 человек (rosstat.gov.ru, Численность постоянного...).

В Василеостровском районе имеется 34 линии, 21 улица, 5 проспектов, 17 переулков, 3 проезда, 8 набережных. Общая протяжённость улично-дорожной сети – около 90 км. Соответственно, плотность УДС составляет около 4,2 км/км². Значительная часть района, в особенности восточная его часть, имеет прямоугольную схему структуры УДС.

Для Василеостровского района характерна разнообразная планировка и застройка. Первое каменное здание – Меншиковский дворец – было построено в 1710-1720 гг. на берегу Большой Невы. Подготовленные примерно в это же время архитектором Доменико Трезини планы сети параллельных улиц-каналов и пересекающих их проспектов впоследствии стали основой застройки (ru.wikipedia.org, Васильевский остров). Хотя от каналов позже отказались, прямые улицы, проходящие с северо-запада на юго-восток в восточной части Васильевского острова по сей день именуются линиями.

Позднее застройка продолжила развиваться в восточной части Васильевского острова, появились здание Двенадцати коллегий, Кунсткамера, здание Академии наук и др., а в 1730-х сюда был перемещён и порт (ru.wikipedia.org, Васильевский остров).

В 1738 г. было основано Смоленское православное кладбище, ныне расположенное в центральной части Василеостровского района и занимающее площадь 51,7 га (ru.wikipedia.org, Смоленское православное...).

К началу XIX в. Васильевский остров стал центром сосредоточения ведущих научных и учебных заведений Петербурга: Петербургская АН, Библиотека АН, Академия художеств, Петербургский университет, Горный институт и пр. В середине XIX в. был построен Благовещенский мост, связавший Васильевский остров с Адмиралтейской стороной, после

чего на острове началось активное жилищное строительство, открытие промышленных предприятий, в том числе судостроительных (ru.wikipedia.org, Васильевский остров).

В 1907 г. состоялось открытие Василеостровского трамвайного парка, стартовало регулярное пассажирское движение (ru.wikipedia.org, Василеостровский трамвайный...). В середине XX в. продолжалась застройка Гавани, в западной части появились намывные территории, где с конца 1960-х началось планирование нового района. Так в 1970-х появились улица Кораблестроителей, Морская набережная, Морской вокзал, гостиница «Прибалтийская» и новые жилые массивы.

В середине 2000-х властями было принято решение о намыве новых территорий на западе Василеостровского района, проект получил название «Морской фасад». Позднее на новых землях были построены пассажирский порт и многоэтажные жилые массивы класса «эконом». По сведениям на 2021 г. на намывных территориях Василеостровского района проживает не менее 15 тыс. человек, однако местность имеет мало транспортных связей с исторической частью: с Васильевским островом намыв имеет связь только по улице Вадима Шефнера (ru.wikipedia.org, Васильевский остров). Внутри территории намыва улично-дорожная сеть развита слабо.

На 1 января 2022 года Василеостровский район обслуживается двенадцатью «социальными» автобусными маршрутами, пятью троллейбусными и двумя трамвайными маршрутами, четырнадцатью «коммерческими» автобусными маршрутами (www.gov.spb.ru, Новая модель...). Также на территории района расположены выходы трёх станций метрополитена: «Василеостровской», «Приморской» и «Спортивной».

2.2. Новая модель транспортного обслуживания Санкт-Петербурга

В соответствии с Законом Санкт-Петербурга «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Санкт-Петербурге...», в число основных принципов организации регулярных перевозок в Санкт-Петербурге входят применение единых требований к осуществлению регулярных перевозок и повышение качества оказания услуг в сфере регулярных перевозок. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11 февраля 2022 г. № 64 «Об утверждении документа планирования регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Санкт-Петербурге» содержит сроки установления, изменения и отмены маршрутов регулярных перевозок на срок до 2025 г. Масштабные изменения в маршрутной сети наземного пассажирского транспорта общего пользования Санкт-Петербурга, произошедшие в апреле-июле 2022 г., называют Новой моделью транспортного обслуживания (далее – НМТО) (www.gov.spb.ru, Новая модель...; ogrp.spb.ru, Описание новой...).

Суть НМТО заключается в отказе от «маршрутных такси», развитии социальных маршрутов ОТ, создание новых остановочных пунктов и обновлении парка подвижного состава. НМТО была реализована поэтапно: было выделено 3 этапа, начинающиеся 1 апреля, 1 июня и 15 июля (orgr.spb.ru, Описание новой...).

НМТО затронула сеть наземного общественного транспорта и в Василеостровском районе: помимо изменения трасс существующих и появления новых маршрутов, в апреле-июле 2022 г. были введены новые остановочные пункты. Появление значительного количества новых ост. п., учитывая цели НМТО, должно было положительно повлиять на доступность ГНПТ в Василеостровском районе.

2.3. Подготовка исходных данных

Основными исходными данными для анализа доступности сетей ОТ на примере Василеостровского района Санкт-Петербурга являлись пространственные данные за 2022 и 2023 гг. об остановочных пунктах городского наземного общественного транспорта, пешеходной улично-дорожной сети, застройке (объектах недвижимости), относящиеся к исследуемой территории.

Данные об остановочных пунктах

Основным источником информации об остановочных пунктах служил «Перечень остановочных пунктов с указанием вида транспорта и координатами их местоположения» (далее – Перечень), опубликованный в Системе классификаторов исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга (далее – Система классификаторов). Поставщик: Комитет по транспорту Санкт-Петербурга; даты публикаций используемых наборов данных: 19.01.2022 и 10.02.2023. Наборы данных доступны для скачивания в формате CSV и содержат записи о наименовании и расположении остановок, видах транспорта, номерах маршрутов и прочие, а также поле с координатами (широтой и долготой в градусах) местоположения остановок.

После выгрузки версий набора данных Перечня из Системы классификаторов последовала их обработка для нужд исследования. CSV-файл был преобразован в формат таблицы Excel (XLSX). В Microsoft Excel 2019 исходная таблица с данными была переформатирована: поле с координатами было разделено на два поля со значениями широты и долготы соответственно. Затем данные вновь были сохранены как CSV-файл, после чего загружены в QGIS и экспортированы в векторный геоинформационный слой точек в формате ESRI Shapefile.

Для верификации пространственной составляющей данных, содержащихся в Перечне, использовались данные об остановочных пунктах, содержащиеся в Региональной информационной системе «Геоинформационная система Санкт-Петербурга» (далее – РГИС)

(rgis.spb.ru), данные об остановках из веб-картографического проекта OpenStreetMap (далее – OSM) (openstreetmap.org), спутниковые снимки и ортофотопланы в общедоступных информационных ресурсах.

Пространственные данные об остановочных пунктах в Василеостровском районе из РГИС были найдены и добавлены в QGIS сперва как WFS-слой, для чего заблаговременно было создано подключение к серверу. WFS – это стандарт обмена пространственными данными в сети Интернет, позволяющий обнаруживать и извлекать данные из хранилища (www.ogc.org, Web Feature Service). Данные были загружены в QGIS в местной системе координат МСК-1964, поэтому для их «чтения» была применена пользовательская система координат в формате Proj String. Далее WFS-слой был экспортирован в векторный геоинформационный слой точек в формате ESRI Shapefile.

Пространственные данные об остановках из OSM на территорию Василеостровского района были выгружены с использованием сервиса *overpass-turbo.eu*. Для этого применялся атрибутивный запрос *"highway" = "bus_stop"*. Результаты были экспортированы в формате GeoJSON. С помощью QGIS геоданные были преобразованы в векторный геоинформационный слой точек в формате ESRI Shapefile.

Целью верификации было получение геоинформационного слоя с точками, обозначающими все действующие на начало 2022 и 2023 гг. остановочные пункты городского наземного общественного транспорта, расположенные в Василеостровском районе Санкт-Петербурга. При этом координаты точек этого слоя, как правило, должны быть наиболее приближены (Рис. 1) к координатам остановочных павильонов, расположенных на местности (Рис. 2), а при их отсутствии – к дорожной разметке 1.17 (Рис 3).



◆ точка ост. п.

Рисунок 1. Требуемое размещение точек ост. п.

В процессе верификации обнаружилось, что данные, содержащиеся в Перечне, более полные, чем данные в РГИС или OSM, но их недостатком являются неточности в координатах местоположения – отклонения от описанного ранее эталона в некоторых случаях составляют более 80 метров. В ходе обработки исходных данных были внесены необходимые правки в геометрию точечных объектов, добавлены недостающие объекты, а объекты, отсутствующие на местности, удалены. В результате были получены слои с ост. п. за 2022 и 2023 гг., содержащие 263 и 291 точек-остановок соответственно.



Рисунок 2. Остановочный навильон (www.transport-news.ru)

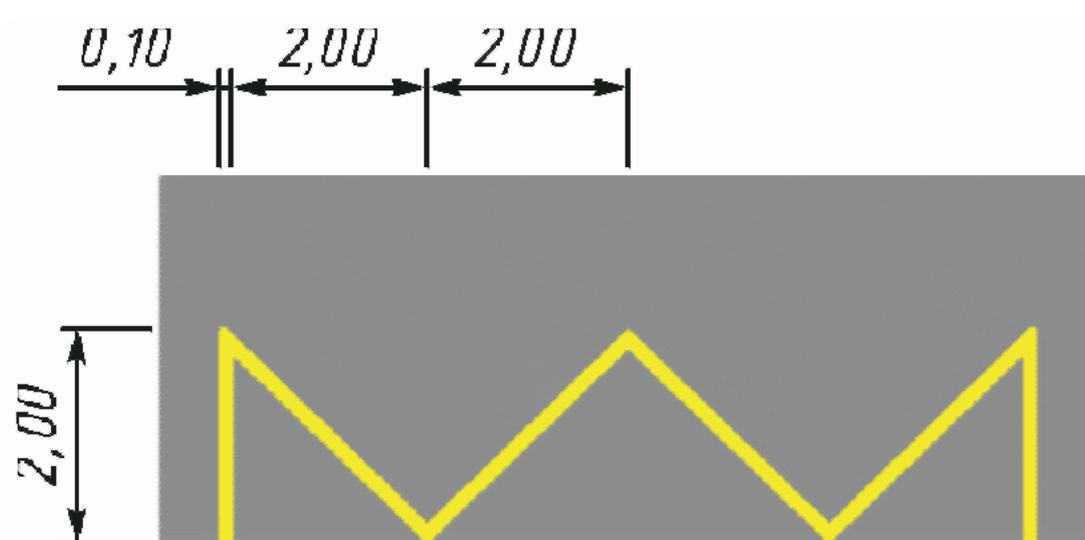


Рисунок 3. Дорожная разметка 1.17 (ГОСТ Р 51256-2011)

Данные о пешеходной сети

Для реализации следующего этапа возникла потребность в пространственно-координированной пешеходной транспортной сети Василеостровского района в виде

линейных векторных объектов – траекторий движения пешеходов. В целях её решения с использованием сервиса *overpass-turbo.eu* были произведены выгрузки пространственных данных из OSM: по атрибутам поля *highway* были выбраны и экспортированы в формате GeoJSON тротуары (*footway*), тропинки (*path*) и внутриквартальные проезды (*service*). После чего с применением QGIS три набора данных были объединены в один векторный линейный слой формата ESRI Shapefile. Далее вносились изменения в геометрию исходных линейных объектов, чтобы будущая пешеходная сеть соответствовала требованиям:

- связность и замкнутость;
- отсутствие полностью изолированных участков;
- полнота и логичность линейных построений, их приуроченность к точкам-остановкам и объектам недвижимости (Рис. 4).

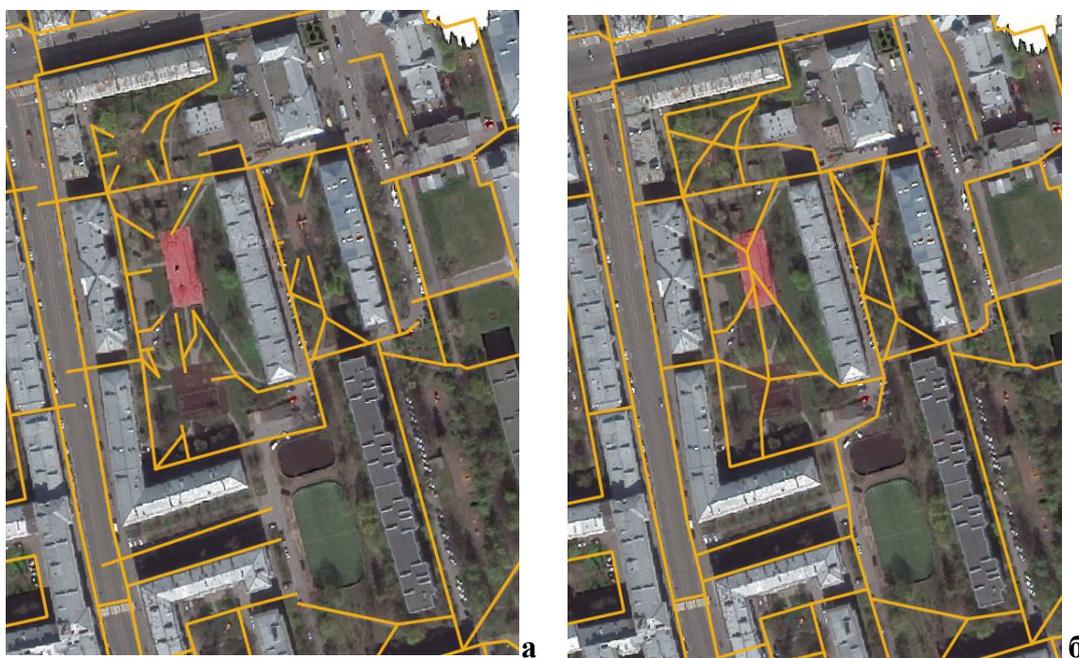


Рисунок 4. Пример преобразования исходных данных в пешеходную сеть
а) исходные данные из OSM; б) пешеходная сеть

Данные о застройке

Данные о зданиях и строениях содержатся в РГИС в слое «Объекты адресной системы». Они были получены через WFS-сервер, затем в QGIS с помощью фильтрации по атрибутам и «ручной» проверкой отобраны для нужд настоящего исследования. Так был получен векторный слой, содержащий около 3000 полигональных объектов. Для выделения объектов с особыми требованиями к дальности пешеходных подходов был введён новый атрибут «*max_distance*»: зданиям медицинских учреждений (больниц, поликлиник), а также отделениям социального обеспечения населения присваивалось значение 300, проходным предприятиям – 400. Значения этого атрибута у остальных зданий осталось *NULL*.

В результате выполнения комплекса работ по подготовке исходных данных, полученных через общедоступные ресурсы в глобальной информационной сети «Интернет», были собраны все необходимые для анализа доступности остановочных пунктов Василеостровского района за два периода времени пространственные данные в системе координат WGS-84 и проекции UTM зона 36N.

2.4. Анализ доступности методом сетевого анализа

Для анализа доступности остановочных пунктов городского наземного пассажирского транспорта в Василеостровском районе был выбран метод сетевого анализа, поскольку является наиболее точным из рассмотренных. Использовались подготовленные данные об остановочных пунктах, зданиях (объектах адресной системы) и траекториях движения пешеходов, а также ПО ArcGIS ArcMap 10.6.1.

Для того, чтобы оценить доступность остановочных пунктов, было решено проанализировать обеспеченность ими всех зданий (различного назначения), выделяя при этом в отдельные категории здания медицинских учреждений (поликлиник, больниц) и отделений социального обеспечения населения, а также проходные складских и производственных предприятий.

Оценка территориальной доступности остановочных пунктов ГНПТ методом сетевого анализа состояла из следующих основных этапов:

- создание набора сетевых данных на основе линейных объектов - траекторий движения пешеходов;
- построение зон обслуживания ост. п. на основе набора сетевых данных;
- анализ пространственных отношений полигонов зданий различных категорий и полигонов соответствующих по дистанции зон обслуживания (Таб. 1)
- формирование и представление результатов анализа;

Таблица 1. Дистанции зон обслуживания для разных категорий зданий

Дистанции зон обслуживания, м	категория зданий
500	различного назначения
400	проходные предприятий
300	медицинские учреждения и отделения социального обслуживания населения

Создание набора сетевых данных и построение зон обслуживания

В среде ArcGIS имеющиеся классы линейных объектов с траекториями движения пешеходов были преобразованы в наборы сетевых данных (Рис. 5). Далее используя

инструмент «Service area» модуля Network Analyst были созданы области обслуживания с заданными расстояниями для каждого остановочного пункта (Рис. 6).

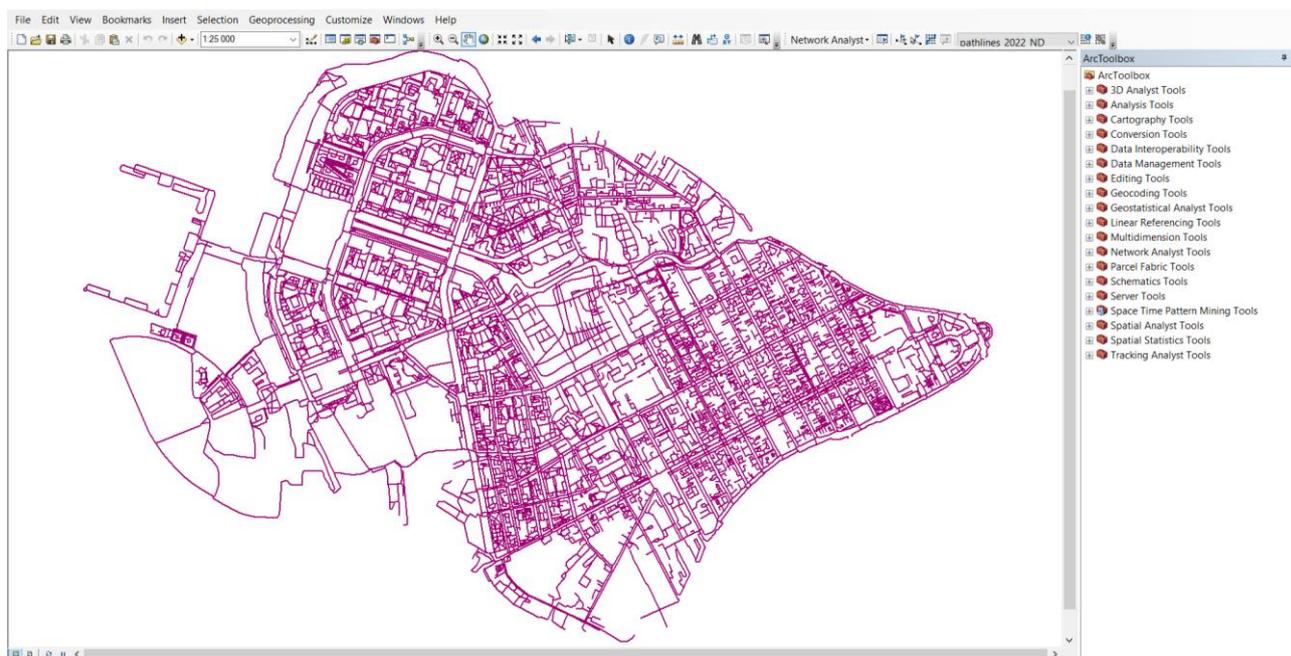


Рисунок 5. Окно ArcMap с отображением набора сетевых данных, по данным 2022 г.

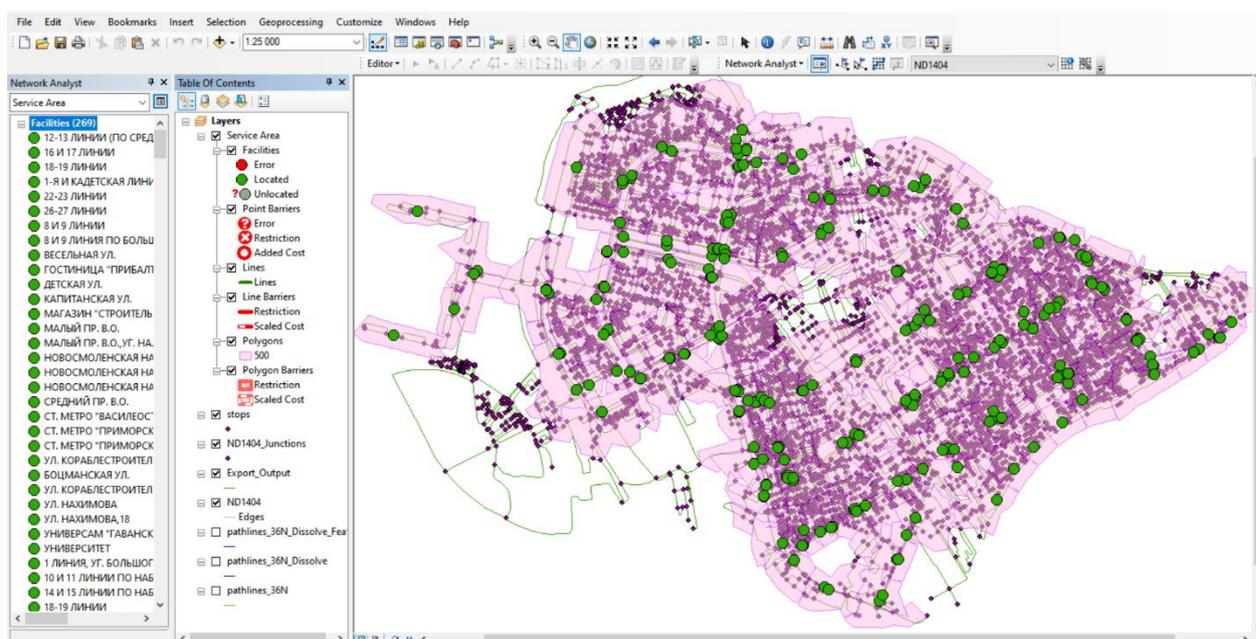


Рисунок 6. Окно ArcMap по окончании построения зон доступности с дистанцией 500 м, по данным 2022 г.

Анализ наложения полигонов зданий и зон доступности

Имеющиеся классы (слои) площадных объектов со зданиями дифференцировались по виду пространственных отношений с исходным слоем – полигонами зон доступности соответствующего года, полученными в результате сетевого анализа. С помощью инструмента

геообработки «Select by location» были определены следующие виды пространственных отношений между указанными объектами:

- нахождение полностью внутри исходного слоя;
- пересечение с исходным слоем;
- нахождение полностью вне исходного слоя.

Данные операции были проведены для всех трёх выделенных ранее категорий зданий и соответствующих им по дистанции зон доступности 2022 и 2023 гг.

Таким образом, по результатам анализа наложения все здания были разделены на состояния «имеющие доступ к ост. п.», «частично имеющие доступ к ост. п.» и «не имеющие доступ к ост. п.».

Следующим шагом было визуальное представление полученных за два временных периода результатов при помощи картографических произведений с упрощенным изображением элементов содержания – карт-схем (ГОСТ 21667-76). Здания с состоянием «не имеющие доступ к ост. п.» были показаны красной заливкой, «частично имеющие доступ к ост. п.» - оранжевой заливкой, «имеющие доступ к ост. п.» – зелёной. Проходные предприятий из-за своих крайне малых размеров в масштабе карты-схемы показаны значковым способом в виде точек красного цвета при отсутствии доступа, зелёного цвета – при наличии доступа к системе ГНПТ. Фрагменты созданных карт-схем представлены на рисунках 7 и 8.

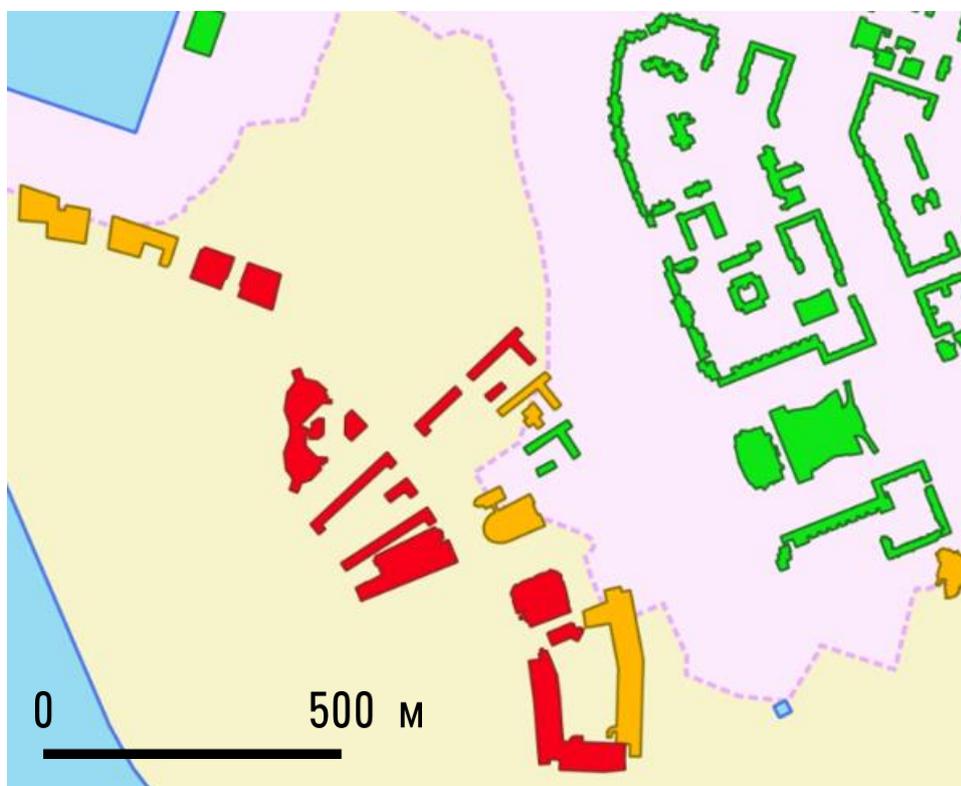


Рисунок 7. Фрагмент карты-схемы доступа зданий к ост. п., по данным 2022 г.



Рисунок 8. Фрагмент карты-схемы доступа зданий отдельных категорий к ост. п., по данным 2022 г.

Таким образом, в результате геоинформационного анализа были получены характеристики доступности сети ГНПТ в Василеостровском районе, представленные на составленных иллюстрационных картографических изображениях (Прил. 1, 2, 3, 4).

2.5. Выводы по анализу доступности

Используя результаты проведённого анализа была вычислена некоторая статистическая информация: число выявленных зданий (по категориям) с недостаточным (полностью или частично) доступом к остановочным пунктам и их доля от общего количества (Таб. 2 и 3).

Таблица 2. Статистическая информация об объектах с недостаточным доступом к ост. п., на начало 2022 г.

категория зданий	всего объектов	объектов с полностью недостаточным доступом	объектов с частично недостаточным доступом	доля объектов с недостаточным доступом, %
различного назначения	2892	204	142	12,0
медицинские учреждения и отделения социального обслуживания	52	7		13,5
проходные промышленных и складских предприятий	21	5		23,8

Опираясь на составленные картографические произведения (Прил. 1, 2), был сформирован ряд гипотез о зонах с недостаточным доступом к сети ГНПТ в Василеостровском районе по данным начала 2022 г.:

- 1) группа жилых зданий, расположенных в северо-западной части острова Декабристов (вдоль Морской набережной от реки Смоленки до Адмиральского проезда);
- 2) проходные промышленных предприятий, расположенные в северной части острова Декабристов на Уральской улице;
- 3) группа зданий научных и образовательных учреждений, расположенных в северной части Стрелки Васильевского острова;
- 4) группа жилых зданий, расположенных западнее Смоленского православного кладбища на улице Беринга;
- 5) проходные промышленных предприятий на территории Гавани;
- 6) южная часть Василеостровского намыва.

В результате анализа доступности по данным начала 2023 г. были выявлены следующие изменения относительно гипотез предыдущего изученного периода времени:

- 1) группа жилых зданий, расположенных в северо-западной части острова Декабристов (вдоль Морской набережной от реки Смоленки до Адмиральского проезда), **имеют достаточный доступ;**
- 2) проходные промышленных предприятий, расположенные в северной части острова Декабристов на Уральской улице, **имеют достаточный доступ;**
- 3) группа зданий научных и образовательных учреждений, расположенных в северной части Стрелки Васильевского острова, **не имеет достаточного доступа;**
- 4) группа жилых зданий, расположенных западнее Смоленского православного кладбища на улице Беринга, **не имеет достаточного доступа;**
- 5) проходные промышленных предприятий на территории Гавани **не имеют достаточного доступа;**
- 6) южная часть Василеостровского намыва **частично имеет достаточный доступ.**

Таблица 3. Статистическая информация об объектах с недостаточным доступом к ост. п., на начало 2023 г.

категория зданий	всего объектов	объектов с полностью недостаточным доступом	объектов с частично недостаточным доступом	доля объектов с недостаточным доступом, %
различного назначения	2849	142	120	9,2
медицинские учреждения и отделения социального обслуживания	52	4		7,7
проходные промышленных и складских предприятий	21	2		9,5

Поскольку в процессе анализа обеспеченности зданий различных категорий остановками ОТ методом сетевого анализа были получены зоны пешеходной доступности сети наземного общественного транспорта соответствующие двум периодам времени, для их сравнения и визуально-наглядного представления различий была составлена карта-схема, отображающая зоны обслуживания сети ГНПТ «до» и «после» реализации НМТО (Приложение 5).

Сравнение картографических произведений и статистической информации за два временных периода раскрывает положительное влияние НМТО на территориальную доступность сети городского наземного общественного транспорта в Василеостровском районе. В связи с появлением новых ост. п. увеличился пространственный охват транспортной сети, за счёт чего снизилось число объектов с недостаточным доступом и доля таковых. Однако, часть зон с недостаточным доступом остались существовать.

2.6. Пути совершенствования доступности общественного транспорта

Улучшение территориальной доступности транспортной системы заключается в сокращении дистанции между пользователями системы и местами предоставления услуг по перевозке пассажиров. Таким образом, можно выделить пути совершенствования:

- размещение остановочных пунктов ближе к пользователям (увеличение количества остановочных пунктов, развитие и сгущение маршрутной сети);
- размещение пользователей ближе к остановочным пунктам (размещение жилых, производственных, административных и социально значимых объектов вблизи существующей транспортной системы).

В Василеостровском районе Санкт-Петербурга на некоторых участках наблюдается недостаточная доступность системы ОТ. Для решения различных составляющих этой проблемы следует выбрать наиболее подходящие пути совершенствования. Так, по мнению автора, для улучшения доступности транспортной системы от жилых зданий и проходных предприятий необходимо создание новых ост. п. в зонах с недостаточной доступностью, что влечёт за собой развитие маршрутной сети – изменение трасс существующих маршрутов, внедрение новых. В случаях с недостаточной обеспеченностью зданий медицинских учреждений и отделений социального обеспечения населения возможным решением проблем может быть улучшение размещения этих зданий – «переезд» ближе к ост. п. Также на территориях с активной градостроительной деятельностью необходимо проектировать и обустраивать городскую среду с обеспечением кратчайших пешеходных подходов от жилых и торговых зданий, медицинских и социальных учреждений до ближайших ост. п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В квалификационной работе были рассмотрены теоретические, нормативно-правовые основы и существующие методы оценки доступности общественного транспорта, раскрыты особенности Василеостровского района, применялись географические информационные системы для подготовки исходных пространственных данных, моделирования пешеходных зон доступности методов сетевого анализа и выявления на исследуемой территории зданий и зон с недостаточным доступом к системе ГНПТ за два временных периода. В результате проведена оценка доступности сети наземного общественного транспорта, подготовлены иллюстрационные картографические изображения.

Результаты анализа показали, что по состоянию на начало 2022 года в Василеостровском районе имелся ряд проблем с обеспеченностью населения равным доступом к остановочным пунктам, некоторые из которых были решены при реализации Новой модели транспортного обслуживания в Санкт-Петербурге. По итогам исследования автором были упомянуты возможные пути решения проблем доступности сети городского наземного общественного транспорта.

Результаты настоящего исследования были изложены на конференции XIX Большого географического фестиваля, в материалах Всероссийской междисциплинарной молодежной научной конференции «Азимут ГЕОнаук» (Щетинкин, 2023). Также фрагмент работы был оценён экспертами в отборочном этапе открытой международной олимпиады студентов и молодых специалистов Petropolitan Science (Re)Search на 46 баллов из 50 (psrs.spbu.ru, Результаты отборочного...).

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавина Л.В. Проектирование и оценка транспортной сети и маршрутной системы в городах: выполнение курсового и дипломного проектов: [учеб.-метод. пособие] / Л. В. Булавина; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 48 с.;
2. Головнин О.К. Исследование методов оценки пешеходной доступности остановок общественного транспорта / О. К. Головнин, Е. О. Кондратьева // 17–19 мая 2016 года, 2016. – С. 182-185;
3. Данилина Н.В. Оценка доступности остановочных пунктов наземного городского пассажирского транспорта с использованием географических информационных систем / Н. В. Данилина, С. С. Руденко, Г. А. Язбердиева // Недвижимость: экономика, управление. – 2020. – № 1. – С. 36-41;
4. Дубачева А.А. Анализ доступности общественного транспорта г. Волгограда / А.А. Дубачева; научный руководитель С.С. Шинкаренко // Сборник материалов участников XVI Большого географического фестиваля, посвящённого 200-летию со дня открытия Антарктиды русской экспедицией под руководством Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева / отв. редактор А.И. Краснов. – СПб: Своё издательство. – 2020. – С. 631-634;
5. Куликов С.А. Анализ шаговой доступности остановок общественного транспорта в муниципальном образовании "Котлас" / С. А. Куликов // Проблемы развития транспортной инфраструктуры северных территорий : Материалы 2-й всероссийской научно-практической конференции, Котлас, 22–23 апреля 2016 года / под ред. С.А. Гладких. – Котлас: гос. ун-т мор. и реч. фл. им. адм. С.О. Макарова, 2017. – С. 38-42;
6. Морозов А.С. Способы расчёта показателя пешеходной доступности остановочных пунктов общественного пассажирского транспорта для жилых домов / А. С. Морозов, А. А. Черников, К. В. Молоденов, М. А. Колесникова // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов V Международной научно-практической онлайн-конференции, Москва, 16–17 апреля 2020 года. – М: Российский университет транспорта, 2020. – С. 126-137;
7. Руководство по проектированию городских улиц и дорог / Центр. н.-и и проектный ин-т по градостроительству Госгражданстроя. — М: Стройиздат, 1980. — 222 с.
8. Щетинкин Д.И. Оценка доступности сети городского наземного общественного транспорта с применением геоинформационных технологий Азимут / научный руководитель Е.А. Паниди // Материалы Междисциплинарной молодежной научной конференции «Азимут ГЕОнаук — 2022». — Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2023. — С. 453-457;
9. Fayyaz S. SK An efficient General Transit Feed Specification (GTFS) enabled algorithm for dynamic transit accessibility analysis / Fayyaz S. SK, Liu XC, Zhang G // PLoS ONE 12(10). – 2017;

10. Steven Farber Dynamic public transit accessibility using travel time cubes: Comparing the effects of infrastructure (dis)investments over time / Steven Farber, Liwei Fu // Computers, Environment and Urban Systems 62. – 2017. – С. 30-40;
11. T. L. Lei Mapping transit-based access: integrating GIS, routes and schedules / T. L. Lei, R. L. Church // International Journal of Geographical Information Science. – 2010. – С. 283-304;

Ресурсы сети Интернет

12. Василеостровский район // Администрация Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_vasileostr/ (дата обращения: 21.02.2022);
13. Василеостровский район [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Василеостровский_район (дата обращения: 21.02.2022);
14. Васильевский остров [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Васильевский_остров (дата обращения: 21.02.2022);
15. Василеостровский трамвайный парк [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Василеостровский_трамвайный_парк (дата обращения: 21.02.2022);
16. Новая модель транспортного обслуживания – 2022 // Администрация Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_transport/novaya-model-transportnogo-obsluzhivaniya-2022/ (дата посещения: 23.04.2022);
17. Новости транспорта [Электронный ресурс]. URL: <https://www.transport-news.ru/> (дата посещения: 30.01.2022);
18. Описание новой транспортной модели // Организатор перевозок [Электронный ресурс]. URL: <http://orgp.spb.ru/tr-2022/model/> (дата обращения: 16.05.2023);
19. Геоинформационная система Санкт-Петербурга: региональная информационная система [Электронный ресурс]. URL: <https://rgis.spb.ru/> (дата обращения: 12.03.2023);
20. Результаты отборочного этапа Открытой международной олимпиады Санкт-Петербургского государственного университета среди студентов и молодых специалистов Petropolitan Science (Re)Search [Электронный ресурс]. URL: <https://psrs.spbu.ru/rezultaty/17-2022-23-uchebnyj-god/145-rezultaty-otborochnykh-etapov.html> (дата посещения: 25.05.2023);
21. Система классификаторов исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: <https://classif.gov.spb.ru/> (дата посещения: 12.01.2022);
22. Смоленское православное кладбище [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Смоленское_православное_кладбище_\(Санкт-Петербург\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Смоленское_православное_кладбище_(Санкт-Петербург)) (дата обращения: 21.02.2022);

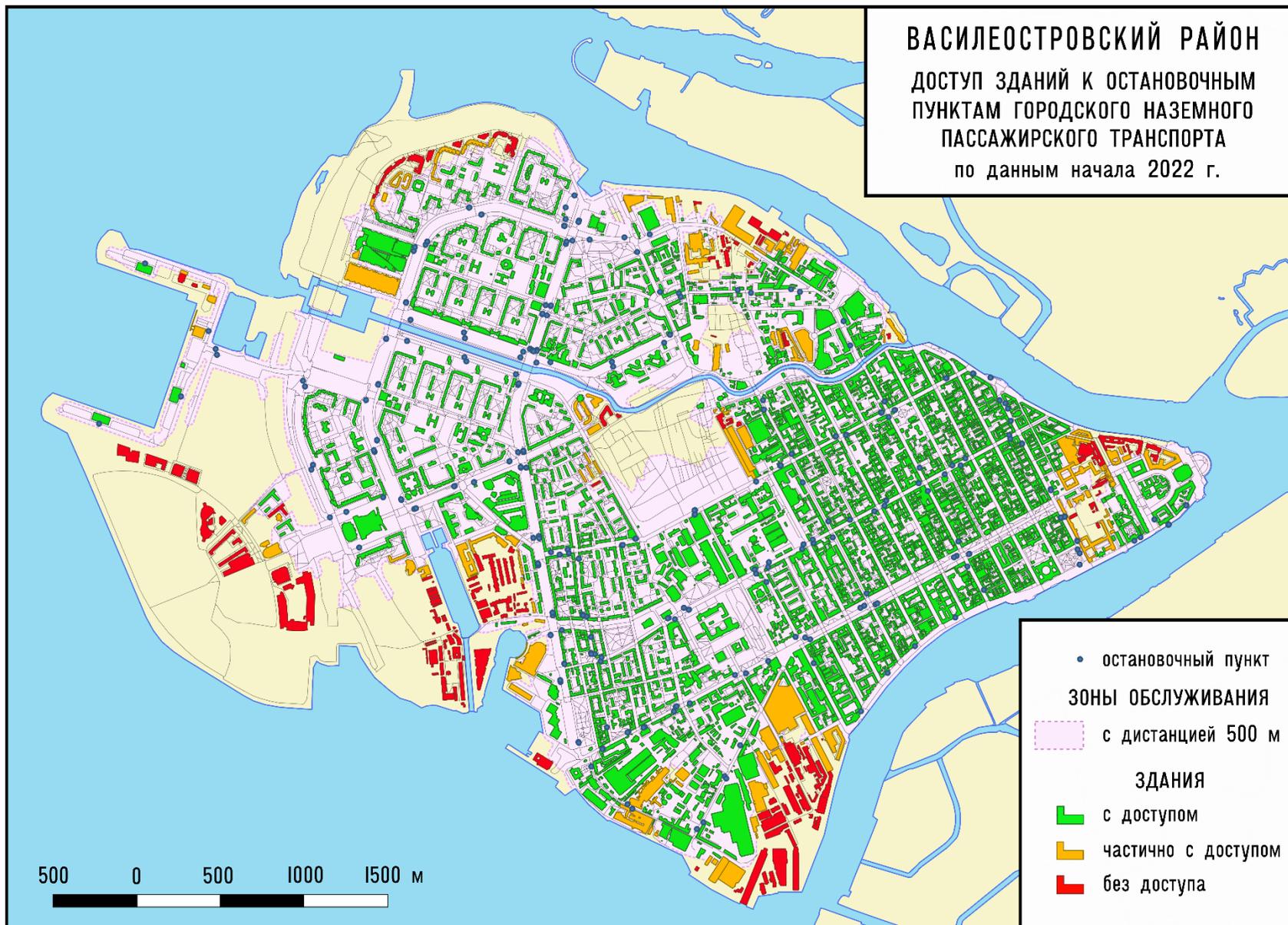
23. Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2021 года // Росстат [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/MZmdFJyI/chisl_MO_Site_01-01-2021.xlsx (дата обращения: 21.02.2022);
24. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openstreetmap.org/> (дата посещения: 12.01.2022);
25. overpass-turbo.eu [Электронный ресурс]. URL: <http://overpass-turbo.eu/> (дата посещения: 12.01.2022);
26. Web Feature Service [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ogc.org/standard/wfs/> (дата посещения: 25.05.2023);

Правовые акты и государственные стандарты

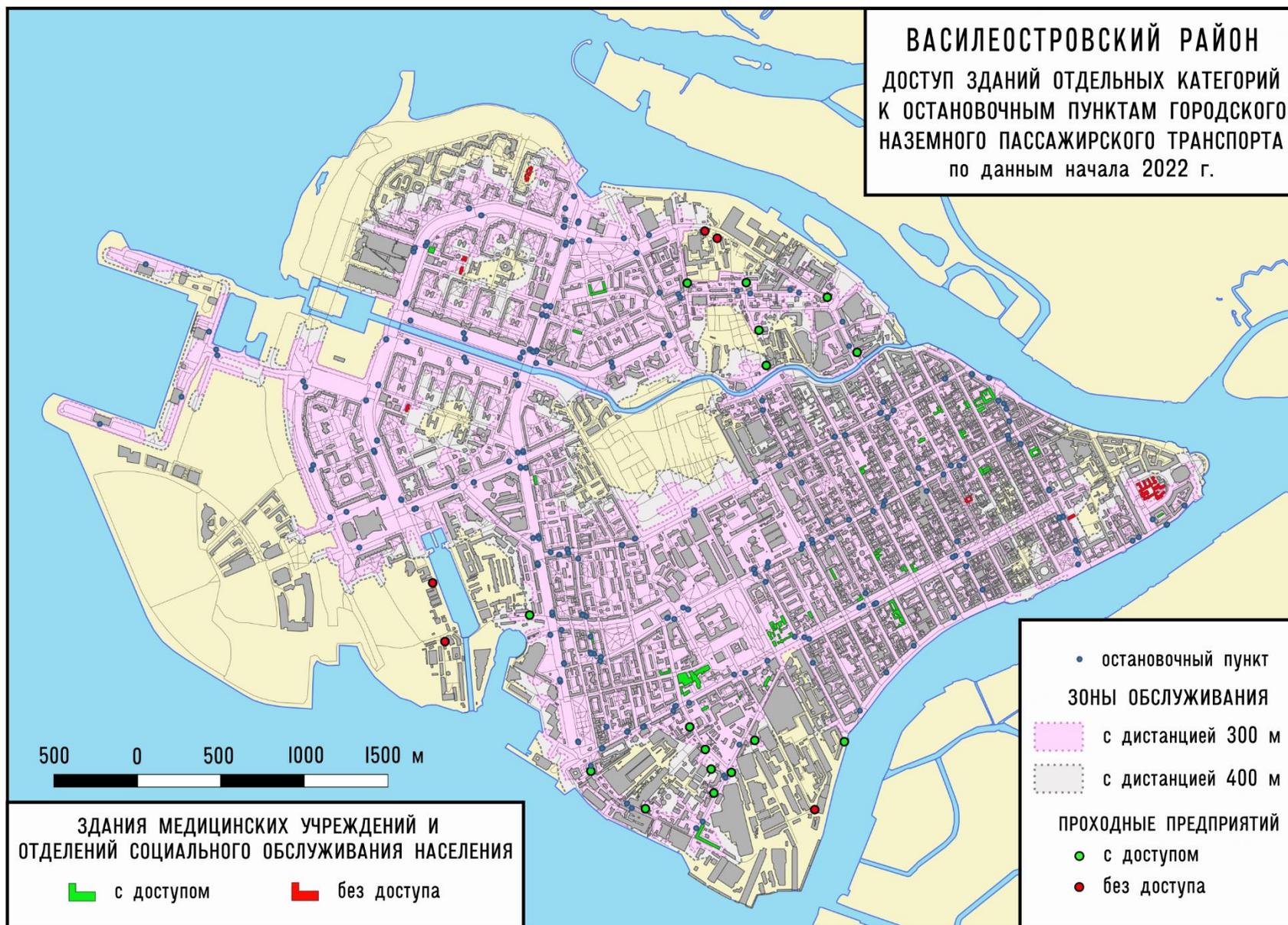
27. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 01.07.2020 N 11-ФКЗ) // Собрание законодательства РФ, 01.07.2020, N 31, ст. 4398;
28. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.12.2021) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система [Официальный сайт]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.02.2022);
29. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89: свод правил СП 42.13330.2016 // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> (дата обращения 18.02.2022);
30. Об утверждении документа планирования регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Санкт-Петербурге: постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11 февраля 2020 года № 64 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564258434> (дата обращения: 16.05.2023);
31. Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Санкт-Петербурга: постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11 апреля 2017 года № 257 // Законодательное собрание Санкт-Петербурга [Официальный сайт]. URL: <https://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/456056520?print=0> (дата обращения: 18.02.2022);
32. Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Санкт-Петербурге и о внесении изменений в Закон Санкт-Петербурга «О наземном пассажирском маршрутном транспорте общего пользования в Санкт-Петербурге»: Закон Санкт-Петербурга, принят 29 июня 2016 г. (с

- изменениями на 28 декабря 2022 г.) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456009809> (дата обращения: 16.05.2023);
33. Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: распоряжение Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р // URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/6802> (дата обращения 18.02.2022);
34. ГОСТ Р 51090-2017. Средства общественного пассажирского транспорта. Общие технические требования доступности и безопасности для инвалидов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200156994> (дата обращения: 18.02.2022);
35. ГОСТ Р 51256-2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200090045> (дата обращения: 16.05.2023).

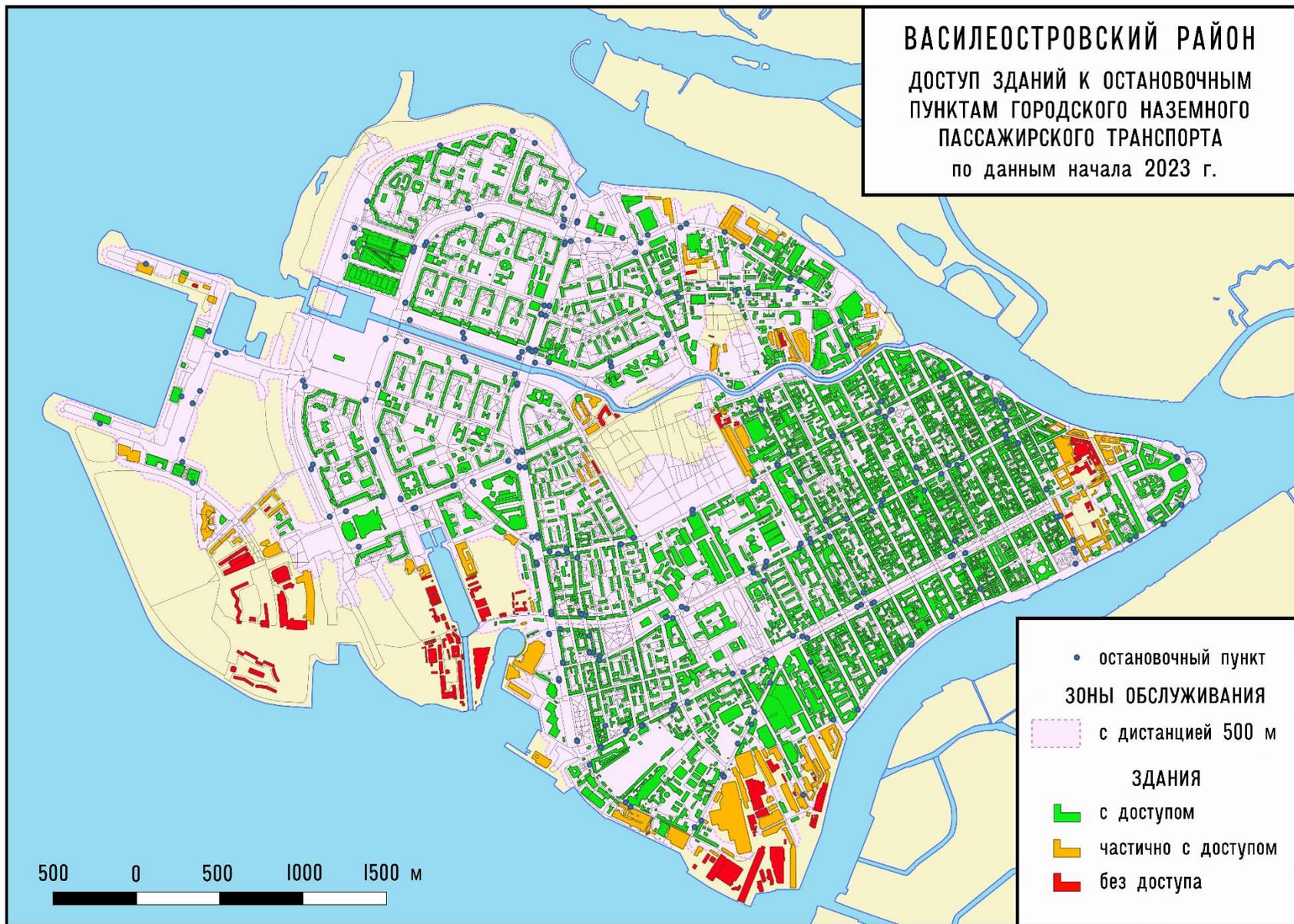
Приложение № 1. Карта-схема доступа зданий к остановочным пунктам ГНПТ, по данным начала 2022 г.



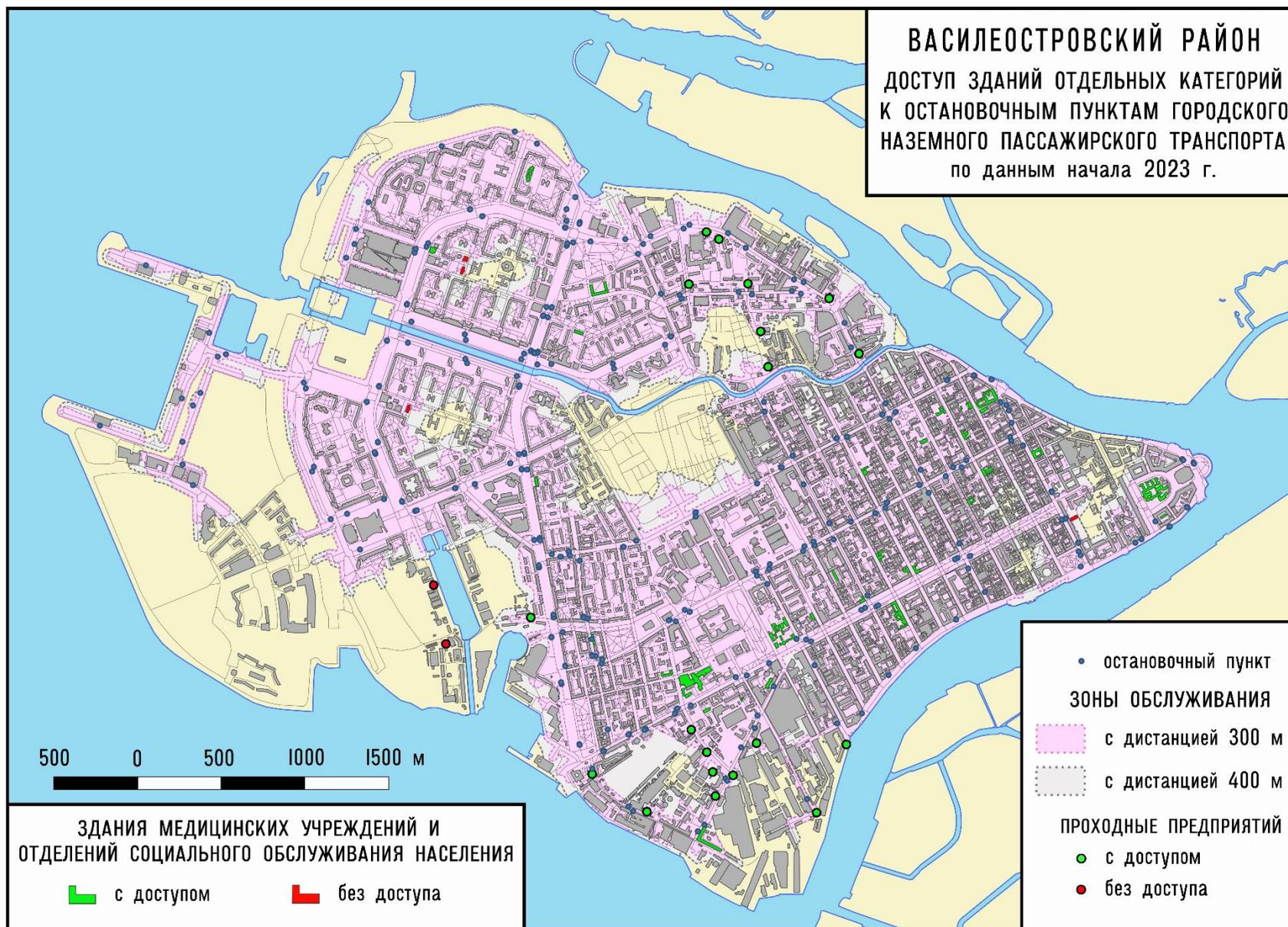
Приложение № 2. Карта-схема доступа зданий отдельных категорий к остановочным пунктам ГНПТ, по данным начала 2022 г.



Приложение № 3. Карта-схема доступа зданий к остановочным пунктам ГНПТ, по данным начала 2023 г.



Приложение № 4. Карта-схема доступа зданий отдельных категорий к остановочным пунктам ГНПТ, по данным начала 2023 г.



Приложение № 5. Доступность остановочных пунктов ГНПТ при Новой модели транспортного обслуживания

