

Д.А. Корнилов¹, Е.А. Прохорова²

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НА КАРТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ СРЕДСТВ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ
В г. МОСКВЕ**

АННОТАЦИЯ

Численность велосипедистов и пользователей средств индивидуальной мобильности (СИМ) в Москве растет с каждым годом, в то время как строительство необходимых объектов, обеспечение безопасности и управление сетью велодорог не всегда успевают за таким быстрым ростом. Строительство инфраструктуры для средств индивидуальной мобильности предполагает ее планирование и проектирование в зависимости от мест притяжения целевых аудиторий (университеты, транспортно-пересадочные узлы, парки и наиболее популярные у велосипедистов улицы). При этом на всех этапах необходимо картографическое видение проблемы. Обзор работ по исследованию и изображению велоинфраструктуры, а также движения велосипедистов на улицах города показывает малый опыт в представлении этой темы на картах. Основная функция существующих карт — отображение фактического положения линейных и точечных объектов велосипедного транспорта без пространственного анализа их положения. В статье показаны возможности картографирования инфраструктуры для средств индивидуальной мобильности, решены проблемы поиска достоверных и актуальных источников статистических и картографических данных. Информация, собранная в ходе городских и полевых обследований по ряду районов г. Москвы, была обработана и систематизирована. Сформирована база данных объектов велоинфраструктуры, которая включает векторные и растровые представления данных, результаты полевых и статистических исследований. На ее основе разработаны способы визуализации полученных данных. В работе сформулированы основные требования к картографической основе для создания карт инфраструктуры, показаны различные приемы и способы изображения явлений, которые позволили наглядно продемонстрировать результаты исследования. С учетом найденных возможностей визуализации составлены карты велосипедной инфраструктуры с выделением ее основных элементов и типов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: велосипедная инфраструктура, картографирование и анализ данных, способы визуализации, средства индивидуальной мобильности

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, Москва, Россия, 119991,
e-mail: korniloff.dania@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, Москва, Россия, 119991,
e-mail: eaprohorova@mail.ru

Daniil A. Kornilov¹, Elena A. Prohorova²

DEVELOPMENT OF METHODS FOR REPRESENTATION ON MAPS OF THE INFRASTRUCTURE FOR MEANS OF INDIVIDUAL MOBILITY IN MOSCOW

ABSTRACT

The number of cyclists and users of personal mobility aids in Moscow is growing every year, while building the necessary facilities, providing security and managing the cycling network has not always kept pace with such rapid growth. The construction of infrastructure for means of individual mobility involves planning and designing it depending on the places of attraction of target audiences (universities, transport hubs, parks and the most popular streets for cyclists). At the same time, a cartographic vision of the problem is necessary at all stages. A review of works on the possibilities of depicting cycling infrastructure and the movement of cyclists on the streets of the city shows little experience in presenting this topic on maps. The main function of existing maps is to display the actual position of linear and point objects of cycling without a spatial analysis of their position. The article shows the possibilities of infrastructure mapping for means of individual mobility and solves the problem of finding reliable and up-to-date sources of statistical and cartographic data. The information collected in the course of urban and field surveys of the urban space of Moscow was processed and systematized. A database of bicycle infrastructure objects has been formed, which includes vector and raster representations of data, the results of field and statistical studies. Based on it, methods for visualizing the obtained data have been developed. The paper formulates the basic requirements for the cartographic basis for creating infrastructure maps, shows various techniques and ways of depicting phenomena, which made it possible to clearly demonstrate the results of the study. Considering the visualization possibilities found, maps of the cycling infrastructure were compiled, highlighting its main elements and types.

KEYWORDS: cycling infrastructure, mapping and data analysis, means of individual mobility, visualization methods

ВВЕДЕНИЕ

Развитие велосипедного транспорта во всем мире происходит невероятно быстро, т. к. все большее количество жителей как городов, так и совсем небольших населенных пунктов используют этот вид транспорта с целью быстрого и удобного доступа к той или иной части города или другой территории. В среднем это расстояние от 4 до 6 км. К XXI в. ряд мегаполисов мира имеет сеть развитых велосипедных дорог, которая связывает части города между собой, в то время как в России до последнего времени велосипед являлся скорее развлечением, чем транспортным средством. Однако в последнее десятилетие в крупных городах растет численность не только велосипедистов, но и пользователей другими средствами индивидуальной мобильности (СИМ), например электросамокатами.

Построение удобных высокоскоростных велосипедных дорог, которые, помимо всего прочего, были бы и безопасными путями — очень актуальный вопрос в настоящее

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, e-mail: korniloff.dania@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, e-mail: caprohorova@mail.ru

время. Необходимо также решение задачи разработки маршрутизации для самокатного и велосипедного транспорта, основываясь на категориях велосипедных дорог, правовых особенностях транспорта, влиянии других участников дорожного движения. К сожалению, существующие мобильные приложения и веб-сервисы не могут в полной мере предложить решение данной задачи. Чаще всего дороги на этих сервисах представлены лишь классом highway (шоссе): в эту категорию входит и небольшая двухполосная улица Академика Волгина, и Комсомольский проспект. Подобное приложение не показывает пользователю разницу в потенциальной опасности передвижения на велосипеде и самокате по этим улицам. Для того, чтобы иметь возможность осознанно выбрать безопасный и быстрый маршрут, необходимо иметь хорошую картографическую визуализацию на грамотно разработанной основе и с хорошо проработанным содержанием как с точки зрения семантики, так и геометрической точности.

Цель настоящего исследования — разработка способов представления на картах инфраструктуры для средств индивидуальной мобильности и создание серии тематических карт с использованием информации, полученной из открытых источников и путем городского обследования одного из районов г. Москвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Феномен необыкновенно быстрых темпов развития велосипедного транспорта вызывает потребность в комплексном подходе к его исследованию, систематизации и картографическом представлении на картах и городских сайтах. В то же время из-за малой протяженности велосипедной инфраструктуры отечественный опыт ее картографического представления практически отсутствует. К тому же, велополосы и велодорожки показываются без разделения на типы, без определения их положения на или вне проезжей части дорог. В редких случаях на картах можно найти нестандартные показатели, например плотность окончания поездок на СИМ [ЦОДД, 2021]. Помимо существующих велодорожек в зарубежной литературе картографируются оценки рисков передвижения по улицам на велосипедах. На картах появляется информация о скоростном режиме дороги, количестве полос, наличии тротуаров, обособленных участков улиц, светофорном регулировании [Wessel, Widener, 2015]. Скалабан И.А. в своих работах делает акцент на благоприятности окружающей среды для человека, с помощью карт определяет пригодность территории для велосипедного преодоления [Скалабан, 2012]. Изучаются также способы построения карт, использование анаморфированных пространств для увеличения числа отображаемых показателей на картах [Arranz-Lopez et al., 2021].

Для исследования и городского обследования был выбран Юго-Западный административный округ, как один из наиболее развитых округов Москвы, где большое внимание уделяется экологическому вопросу и проблеме безопасности участников дорожного движения. Кроме того, выбор района был обусловлен густонаселенностью (1,5 млн чел.) и наличием университетских кампусов и бизнес-центров, влияющих на развитие инфраструктуры. В округе около 3 тыс. курьеров, которые выполняют доставку из торговых центров, задействуя в своей работе велосипедную инфраструктуру. Относительно сложный рельеф увеличивает количество сценариев развития инфраструктуры на этой территории, так же как и улицы с разной интенсивностью потоков. Поэтому прежде всего была разработана и составлена картографическая основа с обязательным наличием на ней объектов, прямо или косвенно стимулирующих или лимитирующих развитие велосипедной инфраструктуры: реки, леса, крупные магистрали (рис. 1).

Улично-дорожная сеть при этом рассматривается и как элемент географической основы, и как элемент основного содержания карт. Водотоки и водоемы являются естественными барьерами для перемещения на любом виде транспорта (кроме водного), поэтому на географической основе обязательны объекты гидрографии. Растительность не обязательна для показа на всех картах, но ее изображение желательно для учета рекреационного потенциала велосипедных поездок или при показе тех путей, которые сокращают длину маршрутов при использовании велотранспорта.

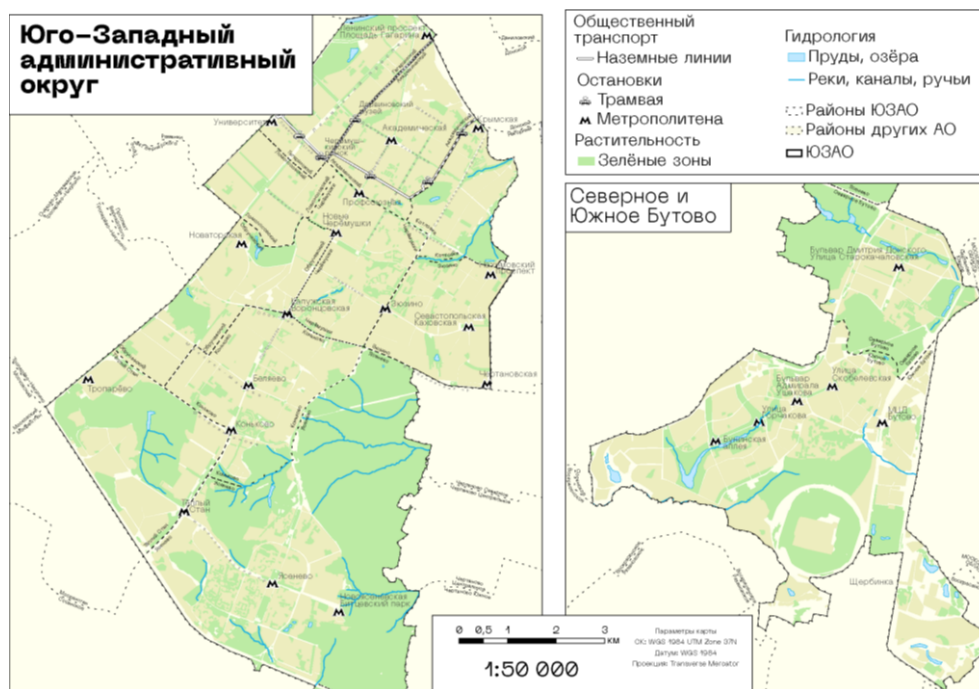


Рис. 1. Картографическая основа для Юго-Западного административного округа
 Fig. 1. Cartographic basis for the South-Western Administrative Okrug

Существующие базы данных, содержащие объекты велоинфраструктуры города и доступные для использования, сконцентрированы на портале открытых данных Правительства Москвы¹. Здесь представлены пространственные данные о велосипедных дорожках, парковках и станциях проката велосипедов. Данные часто обновляются, но информация неполна. В этой базе данных не учитывается существование временных велополос, велопарковок коммерческих организаций, хотя они занимают значительную часть от всей велоинфраструктуры Москвы. Обновление базы затруднено: при отправке ведомством обновлений или дополнений данных портал правки не отображает. Коммерческие проекты и базы скорее всего не имеют доступа к точным пространственным данным об инфраструктуре, при этом картографические сервисы (например Яндекс.Карты) получают полную информацию об открытых велопарковках и велодорожках.

В данной работе понятие «велоинфраструктура» и «инфраструктура для средств индивидуальной мобильности» являются тождественными, т. к. передвижение на СИМ требует использования тех же объектов инфраструктуры, что и на велосипедах. В сфере велосипедного движения в городе для представления на картах выделяем следующие

¹ Портал открытых данных: станции проката велосипедов. Правительство Москвы. Электронный ресурс: data.mos.ru/opendata/918 (дата обращения 5.03.2023)

объекты транспортной инфраструктуры (Портал открытых данных Правительства Москвы):

- улицы, дороги, проезды, мосты и другие линейные объекты улично-дорожной сети;
- сооружения для закрепления и оставления транспорта (станции городского проката, велопарковки);
- объекты технического обслуживания (базы сервисов проката, коммунального хозяйства);
- иные объекты транспортного обслуживания.

Статистические данные, которые получают из открытых источников (Портал открытых данных Правительства Москвы, Routing/Geovelo¹, Whoosh²), содержат информацию о количестве велопарковок и их общей заявленной вместимости. Портал также обеспечивает информацию о пространственном положении объектов через таблицы *.xlsx, *.json, *.geojson и *.xls, а также предоставляет географическое, экономическое описание. Однако база данных содержит лишь те парковки, которые состоят на учете в ведомствах Правительства Москвы.

Компания Велобайк, курирующая прокат велосипедов в г. Москве, выдает открытые данные по местоположению пунктов проката посредством на своем портале (https://velobike.ru/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.ru%2F), где доступна статистика по местоположениям станций велопроката с 2013 г. Для пользователей доступна карта кикшеринга WHOOSH со всеми парковками, пригодными для завершения аренды: это парковки, которые состоят на балансе города г. Москвы, и те, которые принадлежат сервису. WHOOSH предоставляет аналитические данные по количеству поездок, пройденных по той или иной части города, при этом данные компании постоянно обновляются. Однако эти данные не позволяют отслеживать динамику развития. Кроме того, компания не предоставляет информацию о парковках в открытом доступе, удобном для ГИС-пакетов, поэтому единственным способом перенести пространственную информацию об этих парковках, является ручная векторизация. В статистике не выделяют пользователей СИМ в отдельную категорию, т. к. законодательно водители самокатов пока остаются пешеходами.

Малые размеры объектов велосипедной инфраструктуры не позволили использовать данные дистанционного зондирования Земли. На космических снимках сверхвысокого разрешения заметны только участки постоянных обособленных велополос.

Проектирование и составление карт велоинфраструктуры требует обязательного сбора полевых/городских данных, т. к. общей базы пространственных данных объектов этого транспорта не существует, а более мелкие базы слишком разобщены и информация в них неполная. В связи с этим проведено исследование, которое включало визуальную оценку парковок, велодорожек, тротуаров и улиц, их описание и фотографирование.

В ходе работы были проведены полевые наблюдения качества парковок, наличие (или отсутствие) сервисных зон, выявлена зависимость между уклоном каждой улицы и скоростью передвижения по ней. Из-за малой протяженности спусков и подъемов, низкой точности приборов учета скоростей и абсолютных высот точек, а также большого количества остановок, коэффициенты функции скорости от уклона вычислить достаточно трудно. Тем не менее были выявлены некоторые зависимости между скоростью, комфортом передвижения на велосипеде и интенсивностью пешеходного движения,

¹ Routing/Geovelo. Электронный ресурс: www.geovelo.fr/france/ (дата обращения 15.02.2023)

² Whoosh Data Lab: Исследование основных городских магистралей микромобильности. Электронный ресурс: <https://whoosh-bike.ru/datalab> (дата обращения 20.04.2023)

шириной тротуара, скорости движения на проезжей части, качества покрытия (рис. 2). С помощью систем видеонаблюдения были измерены потоки велосипедного и самокатного транспорта.



Рис. 2. Зависимость скорости прохождения участков от крутизны
Fig. 2. Dependence of the speed of passage of sections on their steepness

Далее была проведена верификация полученных данных. При полевом городском обследовании были найдены исчезнувшие из статистики 2019 г. велосипедные парковки в районе метро Академическая, Молодежной улицы, МФЦ Ломоносовского района и других местах. Велосипедных парковок на территории ЮЗАО, когда-либо принадлежавших городу, около 200 шт.

Результаты показывают слабое развитие велосипедной инфраструктуры в округе, в котором проводилось наблюдение. На большинстве улиц не было замечено ни одной велосипедной парковки. Чаще всего их можно было видеть в Бутово, где имеется большой потенциал для развития инфраструктуры за счет вытянутого вдоль всего парка «Южное Бутово» с велодорожками и располагающегося между районами Бутовского лесопарка. На застроенной территории велосипедные парковки встречаются, но их плотность невелика.

По результатам изучения движения на улицах округа была выполнена их классификация по безопасности и пригодности к передвижению на велосипедах, основанная на положении улиц в транспортной структуре города и наличии приспособленной к передвижению на средствах индивидуальной мобильности инфраструктуры. Такая классификация была разработана в связи с тем, что ни одна из существующих не выделяет классы улиц по пригодности для передвижения на велосипедах. В результате для изображения на картах было выделено 4 категории: безопасные и удобные пути; улицы, на которых движение затруднено и существуют незначительные опасности передвижения; улицы, на которых движение затруднено и присутствуют значительные опасности; улицы, непригодные для движения СИМ. К первой категории не было отнесено ни одной магистральной улицы, хотя именно здесь отмечен повышенный трафик пользователей СИМ. Например, по результатам полевых обследований было выявлено, что на Ломоносовском и Нахимовском проспектах (т. е. на 6–10 полосных улицах) одни из самых высоких показателей количества

пользователей СИМ среди всех улиц Москвы: около 100 велосипедистов и самокатов в час (около 1 000 в день).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате сбора информации (теоретических исследований и городских обследований) сформирована база данных, где были совмещены векторные и растровые представления данных и показаны результаты полевых и статистических исследований. Были приведены к сопоставимому виду все наборы пространственных сведений. В векторном представлении даны дорожная сеть, объекты велоинфраструктуры. Цифровая модель местности сохранена в виде растровой модели. В базе также представлены таблицы с семантической информацией. Дополнительно сформирован набор данных, необходимых для составления среднemasштабной карты на территорию Москвы в границах МКАД. Сформированная база данных легла в основу создания серии карт с отображением инфраструктуры ЮЗАО для средств индивидуальной мобильности и других характеристик велосипедного движения в м-бах 1: 50 000 и 1: 100 000. Разработанная серия карт представляет разнообразную тематику. Прежде всего это карты «Велодорожки ЮЗАО» и «Парковки ЮЗАО», которые являются первичной визуализацией полученных пространственных данных о положении объектов. На карте «Плотность велосипедных парковок» при расчете плотности были учтены как общественные парковки, так и пункты проката (рис. 3), а в качестве единицы отнесения был предложен гексагон площадью 1 км².

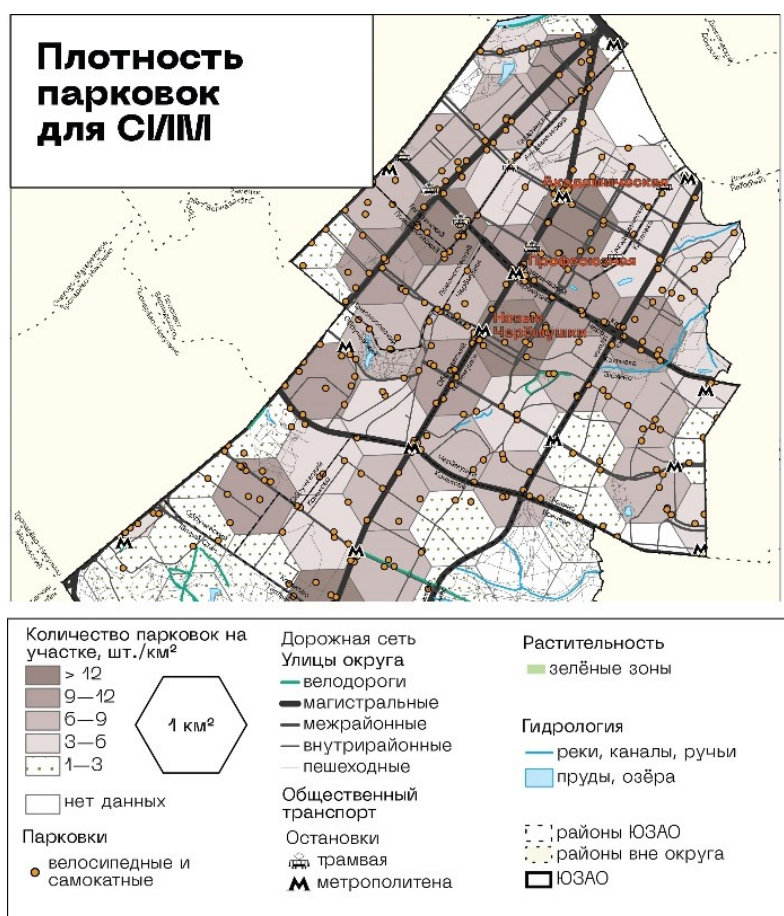


Рис. 3. Фрагмент карты «Плотность парковок для средств индивидуальной мобильности», м-б 1: 50 000

Fig. 3. Fragment of the map “Parking density for individual mobility equipment”, scale 1: 50 000

Карта «Доступность парковок» показывает время, затраченное пешеходом на пройденный путь от велосипедных парковок ЮЗАО до любой точки округа. Время рассчитывается по частному евклидова расстояния от парковки до исследуемой точки и средней скорости пешехода, равной приблизительно 1,5 м/с. Способ изображения на этой карте — изолинии равной удаленности с послышной окраской (уменьшение насыщенности цвета и увеличение прозрачности с удалением от парковок), граница темно-красного цвета выделяет кластеры парковок — районы их сосредоточения и концентрации (рис. 4).

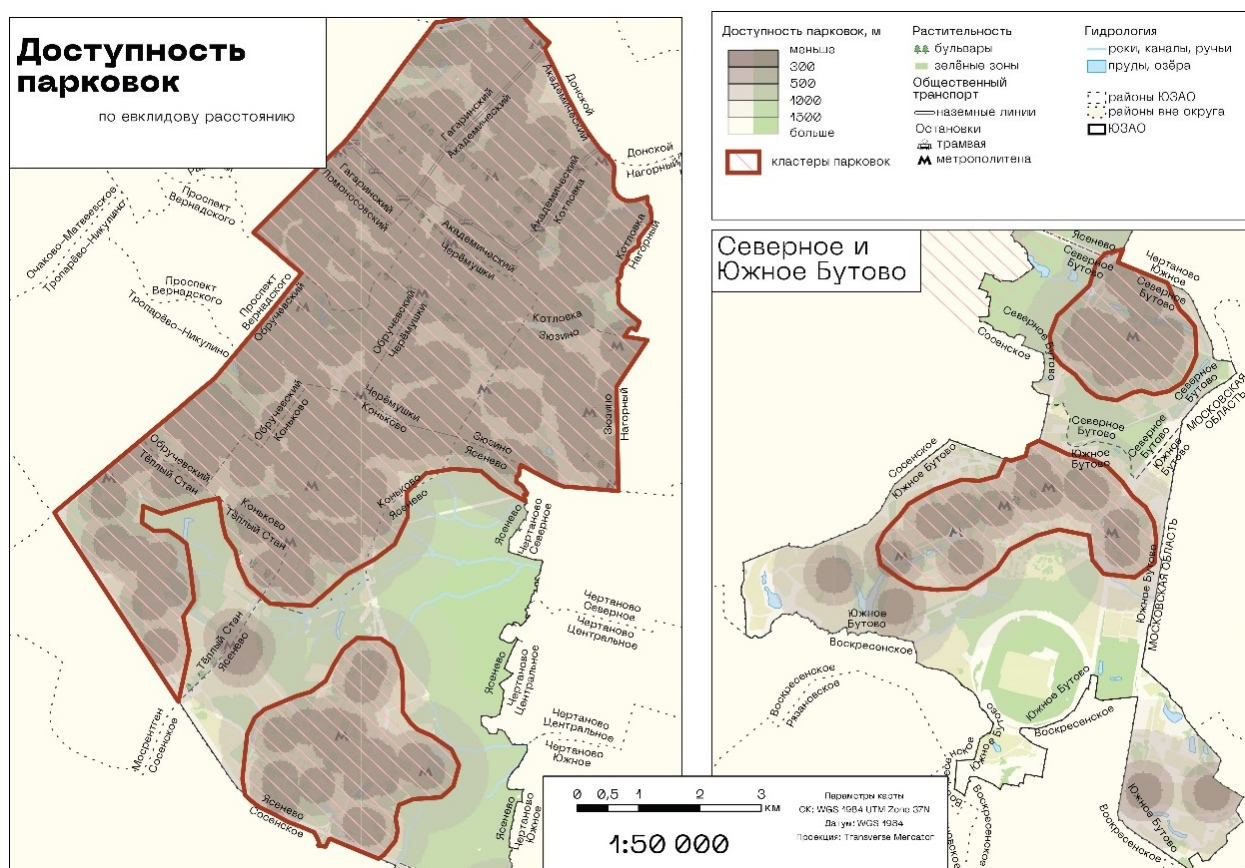


Рис. 4. Карта «Доступность парковок Юго-Западного административного округа»
Fig. 4. The map "Accessibility of Parking Spaces of South-Western Administrative Okrug"

Отображение кластеров велопарковок в совокупности с территориями зеленых зон (могут быть как крупные массивы, так и отдельные парки и скверы) позволяет сделать вывод о непригодности некоторых зон к использованию СИМ для велосипедных прогулок, когда пользователь транспортного средства, добравшись до необходимого участка в парке, вынужден затем отправиться пешком в необходимом направлении. В то же время некоторые застроенные кварталы не обеспечены велопарковками даже в радиусе 500 м.

При создании карты «Места аварий в Юго-Западном округе» была использована классификация, основанная на балльной оценке опасности улиц. Такое решение принято из-за невозможности однозначной оценки опасности дорог для велосипедистов по какому-то определенному показателю. Необходимо было присвоить весовые коэффициенты для различных факторов по их влиянию на интегральный показатель опасности улиц (рис. 5). Благодаря крупномасштабному картографированию удалось показать улицы с разной

шириной проезжей части, с разным количеством полос на участке. Такие карты позволяют даже визуально оценить опасную площадь проезжей части.

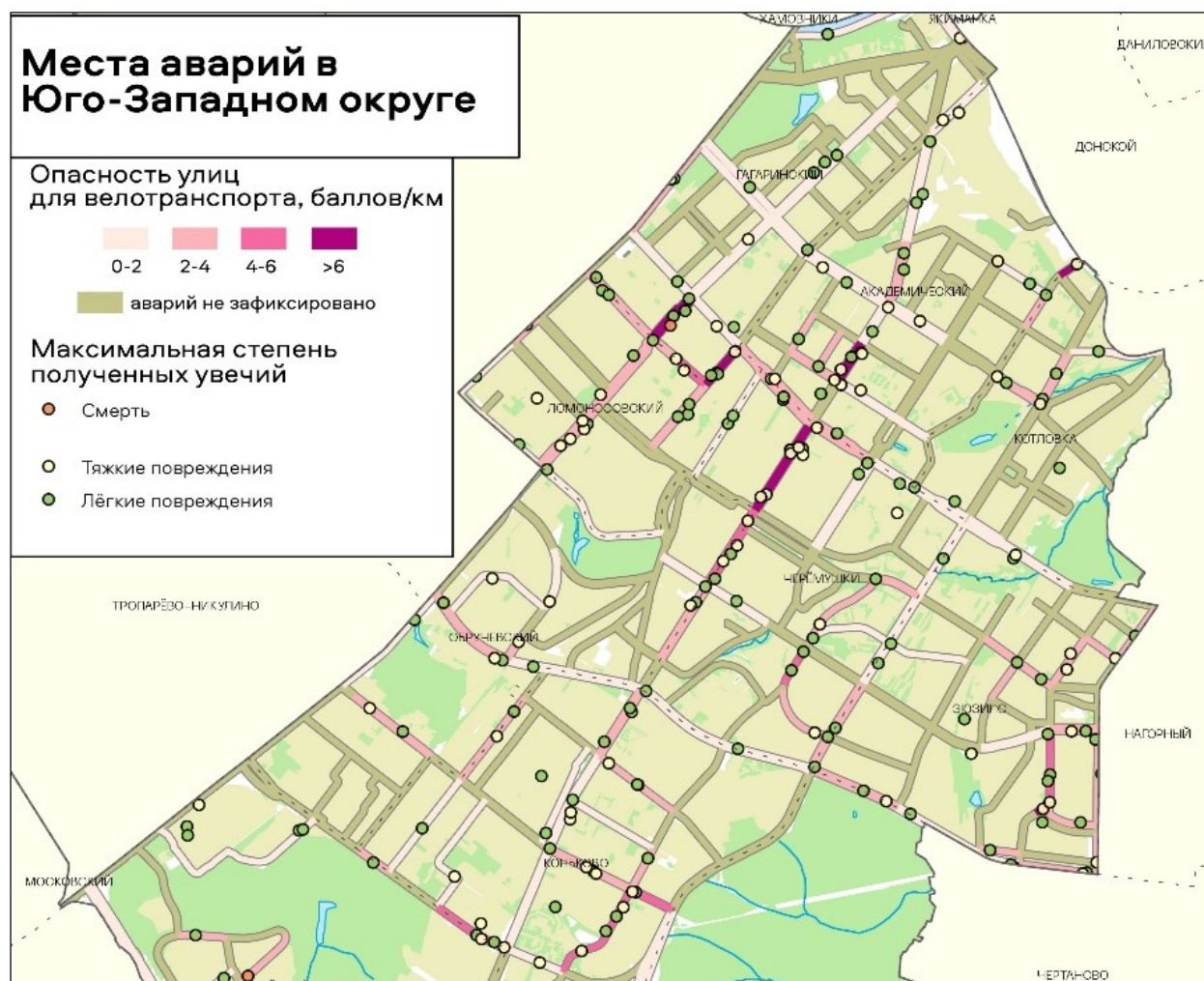


Рис. 5. Фрагмент карты «Места аварий в Юго-Западном округе», масштаб 1: 50 000

Fig. 5. Fragment of the map “Places of accidents in the South-Western Administrative Okrug”, scale 1: 50 000

Общая оценка опасности улиц для велотранспорта производилась по сумме показателей тяжести аварии с учетом общего числа участников аварии, числа погибших, числа травмированных, а также тяжести повреждений. На карте видна зависимость между классом дорог (их транзитном положении) и количеством аварий на единицу длины отрезка дороги. Наиболее опасными для велосипедистов на представленном фрагменте являются Ленинский, Ломоносовский проспекты, Профсоюзная улица (отдельные участки), улица Обручева.

Для создания карты «Доступность общественного транспорта» были учтены станции метро и пересадочные узлы наземного транспорта (трамвай и автобус, проходящие в перпендикулярных направлениях), так называемые транспортно-пересадочные узлы. Для них были построены буферные зоны, равные 300 и 500 м (что соответствует 5 минутам пешей доступности).

Полученные картографические изображения отличаются от существующих карт большей аналитической составляющей, позволившей выявить пространственные закономерности размещения инфраструктуры для средств индивидуальной мобильности. Так, стало возможно выделить определенный тип транспортных узлов у станций метро в южной части города, для которых характерна относительно высокая плотность парковок в непосредственной близости от транспортного узла и полное отсутствие стоянок на расстоянии от 300 до 500 м.

С использованием данных открытых источников были также созданы карты, показывающие разносезонную плотность окончания поездок на самокатах в различных районах ЮЗАО в мае, июле, сентябре и ноябре. Нагляднее всего при этом оказалось использовать такой способ изображения, как картограмма по микрорайонам. Поездки в июне и июле, показанные на картах, демонстрируют наибольшую активность летних перемещений в Гагаринском районе, что связано с высокой концентрацией туристических мест в районе: Москва-река, Воробьевы горы, корпуса МГУ. С началом учебного года увеличивается количество пользователей средствами индивидуальной мобильности по всем районам и округам, что связано с началом учебного года.

Интересные результаты получены при анализе карт, изображающих плотность поездок и популярность улиц. Одним из самых востребованных для велосипедного движения оказалась конфигурация «популярных» улиц, которая расположена к западу от станций метро Беляево и Калужская. Три улицы сходятся в один квартал, «превращаясь» в равномерное по движению пространство. Такой эффект вызывают большие студенческие городки — именно здесь расположены общежития РГУНГ, МИСиС и кампус РУДН.

ВЫВОДЫ

Велосипеды и другие средства индивидуальной мобильности выделяются сейчас в самостоятельный вид транспорта. Эффективная реализация велоинфраструктурного потенциала территории невозможна без картографирования, однако крупномасштабных тематических карт велосипедного движения и его характеристик на сайтах г. Москвы практически не представлено. Совокупность городских обследований и использование статистических данных позволяет оценить параметры безопасности, удобства маршрутов, пространственное развитие сети и показать это на картах.

Возможности визуализации и графические приемы для картографирования велотранспортной инфраструктуры могут быть весьма разнообразны. В работе было предложено применение различных способов изображения для показа явлений и объектов, касающихся велосипедного транспорта. Картографические материалы имеют практическую значимость, они могут быть учтены для дальнейшего успешного функционирования отдельных городских пространств и помощи специалистам в проектировании современной, удобной, безопасной сети велотранспорта при дальнейшем развитии региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гейл Я. Города для людей. Москва: Альпина Паблишер, 2012. 276 с.

Сагинова О.В., Завьялова Н.Б. Велосипед в транспортной системе современного мегаполиса. Российское Предпринимательство, 2018. Т. 19. № 12. С. 4143–4158. DOI: 10.18334/rp.19.12.39663.

Скалабан И.А. Социальное картирование как метод анализа социально-территориального пространства. Журнал исследований социальной политики, 2012. Т. 10. № 1. С. 61–78.

Arranz-Lopez A., Soria-Lara J., Ariza-Alvarez A. An end-user evaluation to analyze the effectiveness of cartograms for mapping relative non-motorized accessibility. *Urban Analytics and City Science*, 2021. V. 48. Iss. 9. P. 1–18. DOI: 10.1177/2399808321991541.

Heinen E., Buehler R. Bicycle parking: a systematic review of scientific literature on parking behavior, parking preferences, and their influence on cycling and travel behavior. *Transport Reviews*, 2019. P. 630–656.

Wessel N., Widener M. Rethinking the urban bike map for the 21st century. *Cartographic Perspectives*, 2015. No. 81. P. 6–22.

REFERENCES

Arranz-Lopez A., Soria-Lara J., Ariza-Alvarez A. An end-user evaluation to analyze the effectiveness of cartograms for mapping relative non-motorized accessibility. *Urban Analytics and City Science*, 2021. V. 48. Iss. 9. P. 1–18. DOI: 10.1177/2399808321991541.

Gehl J. *Cities for people*. Moscow: Alpina Publisher, 2012. 276 p. (in Russian).

Heinen E., Buehler R. Bicycle parking: a systematic review of scientific literature on parking behavior, parking preferences, and their influence on cycling and travel behavior. *Transport Reviews*, 2019. P. 630–656.

Saginova O.V., Zavyalova N.B. Bicycle in the transport system of a modern metropolis. *Russian Entrepreneurship*, 2018. V. 19. No. 12. P. 4143–4158 (in Russian). DOI: 10.18334/rp.19.12.39663.

Skalaban I.A. Social mapping as a method of analysis of socio-territorial space. *Journal of Social Policy Research*, 2012. V. 10. No. 1. P. 61–78 (in Russian).

Wessel N., Widener M. Rethinking the urban bike map for the 21st century. *Cartographic Perspectives*, 2015. No. 81. P. 6–22.