

С.А. БУТОРИНА, Е.А. КОТОВ

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ,

ВОЗВОДИМОЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПОРТИВНЫХ МЕГАМЕРОПРИЯТИЙ,
НА ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРОДОВ

Введение

В 2018 г. в России запланировано проведение 21-го Чемпионата мира по футболу FIFA (далее — ЧМ-2018). В настоящее время ведутся работы по возведению спортивной и транспортной инфраструктуры в 11 российских городах. Как показывает мировой опыт, принимаемые при подготовке к мегамероприятиям решения не всегда оказываются в достаточной степени продуманными — в частности, они зачастую не учитывают организацию жизни в городе после проведения мероприятий. Примером может служить город Атланта (США). При подготовке к Олимпиаде 1996 г. в транспортную систему Атланты были внесены изменения, не лучшим образом отвечающие потребностям города в долгосрочной перспективе, после проведения данного мероприятия [Kassens, 2009].

Практики транспортного планирования для мегамероприятий признают нехватку надежных и относительно простых количественных методов оценки воздействия изменений, производимых в рамках подготовки к мероприятиям, на города и агломерации [Manelli, 2013]. В связи с этим представляется актуальным предварительное изучение и моделирование последствий преобразований транспортных систем. В рамках настоящего исследования произведена апробация методики оценки эффективности транспортных изменений на базе анализа топологических характеристик улично-дорожной сети с применением геоинформационных систем и на основе открытых пространственных данных на примере ряда российских городов — участников ЧМ-2018.

Авторы

Буторина Софья Алексеевна, студентка 2-го курса магистерской программы «Управление пространственным развитием городов» Высшей школы урбанистики им. А.А. Высоковского.

E-mail: sobutorina@gmail.com

Котов Егор Андреевич, научный сотрудник Высшей школы урбанистики им. А.А. Высоковского.

E-mail: ekotov@hse.ru

Аннотация

В статье проведена оценка мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры в городах — участниках Чемпионата мира по футболу 2018 г. (ЧМ-2018). Рассмотрены транспортные системы городов с наиболее масштабными запланированными изменениями транспортной инфраструктуры — Саранска, Калининграда, Екатеринбурга. Анализ проведен на основе открытых пространственных данных о населении и улично-дорожной сети рассматриваемых городов. Мероприятия оценены с точки зрения их эффективности в период после проведения ЧМ-2018 — масштаба изменений уровней связности улично-дорожной сети, доступности ключевых мест в городе. В результате анализа определено, что наиболее эффективными с точки зрения использования новой инфраструктуры в период после проведения ЧМ-2018 являются изменения в Саранске. Авторы продемонстрировали возможность использования открытых данных для такого анализа, но выявили и ряд проблем, возникающих при их использовании.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура; мегамероприятия; открытые данные; пространственный анализ; Чемпионат мира по футболу FIFA 2018; транспортная доступность; топологическая связность

Объектом исследования является транспортная инфраструктура российских городов — участников спортивных мегамероприятий. В частности, были рассмотрены города Калининград, Саранск и Екатеринбург в связи со значительным преобразованием их транспортных систем в рамках подготовки к ЧМ-2018.

Цель исследования заключалась в оценке эффективности транспортной инфраструктуры, возводимой для проведения спортивных мегамероприятий, с точки зрения ее влияния на существующие транспортные системы российских городов.

Мировой опыт реализации изменений транспортной инфраструктуры при подготовке к мегамероприятиям

Проведение спортивных мегамероприятий оказывает влияние на все аспекты жизни города и во многих случаях выступает мощным катализатором городского развития. Изменения затрагивают экономическую и социальную сферы, трансформируют городскую среду, оказывают влияние на имидж города. Наряду с возведением спортивной инфраструктуры, как правило, оказываются неизбежными преобразования транспортной системы, поскольку обеспечение быстрого и безопасного перемещения участников и гостей соревнований является одним из базовых условий успешного проведения крупных массовых мероприятий. При этом принимающие города не всегда готовы к нетипичному пиковому уровню нагрузки, в том числе в узлах, которые либо прежде не испытывали такие нагрузки, либо не испытывают их на регулярной основе.

Как указано в «Концепции транспортного обеспечения Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 в России», возводимая для проведения мегамероприятий транспортная инфраструктура должна удовлетворять противоречивым условиям: с одной стороны, соответствовать пиковым нагрузкам в период проведения первенств, а с другой — эффективно использоваться после окончания соревнований. В этом противоречии, которое не раз упоминается в работах специалистов в данной области [Bovy, 2006; Hiller, 2006; Kassens, 2009; Manelli, 2013], заключается основная сложность транспортного планирования в городах — участниках мегасобытий.

Последствия изменений, которым подвергались транспортные системы городов при подготовке к мегамероприятиям, как показывает мировая практика, носят как позитивный, так и негативный характер.

Одним из самых глубоких исследований в области транспортного планирования для мегасобытий является диссертация доктора наук Массачусетского технологического института Евы Кассенс. В своих работах [Kassens,

2009; 2013] она указывает на необходимость грамотной интеграции временных требований к проведению мероприятия с существующими мастер-планами городов. Такие меры позволяют извлечь максимальную выгоду для принимающего города и произвести благотворные изменения на долгосрочную перспективу.

Роббинс, Дикинсон и Калвер [2007] основной проблемой для планировщиков транспортной сети при проведении мегасобытий считают обеспечение дополнительных возможностей для удовлетворения пикового уровня спроса, которые впоследствии в результате недостаточного использования потенциала могут оказаться экономически нежизнеспособными. По мнению Ф. Бови, строительство транспортной инфраструктуры разумно только в том случае, если доказана целесообразность ее долгосрочного использования [Bovy, 2006].

В мировой практике мегасобытий существует немало примеров возведения крупных объектов спортивной инфраструктуры, необходимых для проведения мероприятия, которые впоследствии оказывались бременем для города в связи с невозможностью их использования (например, по причине высоких эксплуатационных расходов) — так называемые «белые слоны». При несогласованности между краткосрочными потребностями в транспортировке и возможностями транспортного развития города есть риск возникновения транспортных «белых слонов».

Наиболее ярким примером удачного проведения изменений является Барселона, которая после модернизации дорожной сети и системы общественного транспорта в ходе подготовки к Олимпиаде 1992 г. стала четвертым по популярности туристическим центром в Европе [Bovy, 2011]. В Пекине к Олимпиаде 2008 г. за семь лет была удвоена провозная возможность пекинского метро, построены дороги, новый терминал аэропорта и многие другие объекты. В Рио-де-Жанейро к Олимпиаде 2016 г. построено 13 км линий метро, обновлено 80 км пригородных поездов, создано 150 км линий системы BRT, успешно используемые и после проведения Олимпиады. Имеют место и негативные примеры. Город Атланта, в котором проходили Олимпийские игры 1996 г., не справился с беспрепятственным выполнением своих функций в ходе мероприятия и при этом извлек минимум выгод для долгосрочного развития [Kassens, 2009].

Приведенные примеры указывают на масштаб транспортных проектов, катализатором которых становятся мегасобытия. Очевидна необходимость тщательного планирования строительства транспортной инфраструктуры на основе анализа существующей ситуации и детального прогнозирования изменений.

Настоящая статья посвящена исследованию трех российских городов, в которых в связи с проведением ЧМ-2018 происходят масштабные (для городов с такой численностью населения) изменения транспортной системы. Анализ проводится на предмет выявления улучшений доступности точек притяжения и связности транспортной сети городов с учетом размещения населения. Основным инструментом проведения анализа в работе являются геоинформационные системы.

Транспортные планы к ЧМ-2018 в российских городах

Калининград

В Калининграде основное строительство транспортной и спортивной инфраструктуры к ЧМ-2018 сосредоточено на о. Октябрьский. Остров расположен в центре города, между рукавами главной водной артерии — реками Старая и Новая Преголя. В центральной части острова в настоящее время возводится главный объект проведения чемпионата — стадион «Калининград».

Работы по модернизации транспортной системы города в рамках подготовки к ЧМ-2018 в первую очередь направлены на обеспечение связи о. Октябрьский с аэропортом Храброво, находящимся в 24 км к северу от Калининграда.

К новым объектам относятся съезды и мостовые переходы через реки Старая и Новая Преголя на о. Октябрьский и транспортная развязка Второго эстакадного моста с Солнечным бульваром. Реконструкция ул. 9 Апреля и строительство транспортной развязки с Московским проспектом направлено также на создание прямой транспортной связи стадиона «Калининград» и аэропорта. Для обеспечения подъезда транспортных средств к стадиону на острове ведется строительство улично-дорожной сети общей протяженностью около 15 км. Более подробно планируемые изменения представлены на *рис. 1*.

К ЧМ-2018 утверждены следующие проекты [План управления..., 2016]:



Фото © 2016 Софья Буторина

Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri

© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 1. Планируемые изменения транспортной инфраструктуры Калининграда в рамках подготовки к ЧМ-2018

1 — Реконструкция мостового перехода через реки Старая и Новая Преголя на строительстве Южного обхода Калининграда; строительство мостового перехода через реки Старая и Новая Преголя (*рис. 1*).

2 — Реконструкция 2-й очереди Кольцевого маршрута в районе Приморской рекреационной зоны (Северный обход Калининграда с реконструкцией транспортной развязки).

3 — Реконструкция ул. 9 Апреля и строительство транспортной развязки с Московским проспектом — расширение до шести полос.

4 — Строительство Восточной эстакады от ул. Молодой Гвардии до о. Октябрьский с мостом через р. Новая Преголя.

5 — Строительство улично-дорожной сети на территории острова, обеспечивающей подъезд к стадиону, в том числе реконструкция и новое строительство Солнечного бульвара.

6 — Реконструкция моста «Высокий» через р. Преголя по ул. Октябрьская.

7 — Реконструкция моста «Деревянный» через р. Преголя по ул. Октябрьская.

8 — Капитальный ремонт наб. Генерала Карбышева.



Фото © 2016 Софья Буторина
Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri
© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 2. Планируемые изменения транспортной инфраструктуры Саранска в рамках подготовки к ЧМ-2018

Проекты, реализация которых к 2018 г. была отменена [Проект планировки..., 2014]:

9 — Строительство транспортной развязки на пересечении ул. Дзержинского и просп. Калинина.

10 — Восточная эстакада до ул. Муромская.

11 — Строительство мостового перехода с ул. Литовский Вал через р. Новая Преголя и транспортной развязки в разных уровнях на пересечении ул. Литовский Вал и Московского проспекта.

Из-за недостатка финансирования ряд первоначально запланированных проектов был отменен. В настоящем исследовании помимо основного варианта с утвержденными изменениями был проведен анализ воображаемого сценария при реализации всех проектов. Продление Восточной эстакады в южную часть города обеспечит дополнительный транзит Московского и Ленинградского районов и, предположительно, разгрузит существующие связующие магистрали. По окончательному сценарию на 2018 г. эстакада будет обрываться на о. Октябрьский. Таким образом, пока остров не будет заселен, значение эстакады вне проведения ЧМ-2018, скорее всего, очень невелико. Мост с ул. Литовский Вал на о. Октябрьский не столь необходим, пока остров не будет заселен. Развязка

на пересечении ул. Дзержинского и просп. Калинина позволила бы снизить трафик на ул. Дзержинского.

Саранск

В отличие от Калининграда, новые транспортные связи в Саранске создаются преимущественно в соответствии с планами развития транспортной сети города в целом, вне ЧМ-2018. Проведение ЧМ-2018 выступает, скорее, катализатором развития дорожной сети. Из проектов, приуроченных непосредственно к обеспечению проведения спортивного мероприятия, можно выделить создание развязки для подъезда к стадиону «Мордовия Арена», строящемуся в районе ул. Волгоградская в пойме р. Инсар. Остальные изменения направлены на создание хордовых связей между жилыми районами города и, скорее всего, значительно улучшат транспортную ситуацию в городе.

К основным транспортным мероприятиям, связанным с подготовкой к ЧМ-2018, относятся (рис. 2):

1 — Строительство участка Восточного обхода Саранска (ВОС) протяженностью 8,4 км и транспортной развязки.

Комплекс включает современную разноразмерную транспортную развязку типа

«клеверный лист» с путепроводом через автодорогу Саранск — Кочкурово, а также кольцевую развязку на автомобильной дороге Саранск — Б. Березники, мост через р. Тавла, путепровод через ул. Садовая. На данный момент строительство дороги и развязки уже завершено, объекты введены в эксплуатацию.

2 — Развязка на пересечении ул. Красная и ул. Севастопольская.

Проект направлен на обеспечение подъезда транспортных средств к стадиону «Мордовия Арена» из аэропорта. После пересечения с ул. Севастопольская ул. Красная переходит в ул. Кочкуровская, подходящую вплотную к стадиону.

К основным задачам реализации Муниципальной целевой программы «Подготовка к проведению в 2018 году Чемпионата мира по футболу» на 2015–2017 годы [Муниципальная целевая..., 2015] в части строительства автомобильных дорог, помимо прочего, относятся следующие мероприятия:

3 — Строительство городской магистрали от ул. Коваленко до просп. 50 лет Октября с мостом через р. Саранка.

Дорога напрямую соединит северо-западный и юго-западный районы Саранска.

4 — Разработка ПСД на «Строительство автомобильной дороги по ул. Строительная от ул. Победы до ул. Гожувской с путепроводом через железную дорогу и р. Инсар».

Возведение данной магистрали, которая обеспечит связь жилых массивов Пролетарского района с районом Химмаш, к 2018 г. не планируется. Тем не менее в рамках программы по подготовке к ЧМ-2018 разработан и утвержден проект планировки, проведены публичные слушания.

«Светотехника» — большой жилой массив микрорайонного типа с многоэтажной и среднеэтажной жилой застройкой в Пролетарском районе, значительно удаленный от основной части Саранска. Давно назрела необходимость обеспечить его связь с остальными частями города, чем и обусловлено проектирование новой магистрали.

Екатеринбург

Основные транспортные работы в рамках подготовки к ЧМ-2018 в Екатеринбурге сосредоточены в Верх-Исетском районе и связаны с соединением просп. Ленина и ул. Татищева, а также реконструкцией ряда близлежащих улиц. Строительство новой дорожной сети

ведется около Центрального стадиона, доступ к которому необходимо обеспечить для проведения спортивного мероприятия. Другие работы по возведению новой транспортной инфраструктуры связаны со строительством каскада развязок на Объездной дороге с целью обеспечения транзита в аэропорт «Кольцово».

1 — Соединение просп. Ленина и ул. Татищева. Реконструкция ул. Татищева (рис. 3).

В результате реконструкции ул. Татищева станет шестиполосной, с трамвайным движением от просп. Ленина до ул. Красноуральская, а также с широкими тротуарами и велодорожками.

2 — Реконструкция ул. Пирогова, пер. Пестеревский и ул. Репина.

3 — Строительство ул. Соединительная.

Дорога свяжет ул. Репина с Верх-Исетским бульваром.

4 — Строительство транспортной развязки на пересечении Объездной автодороги и ул. Серафимы Дерябиной.

5 — Строительство транспортной развязки на пересечении Объездной автодороги и ул. Амундсена.

6 — Строительство транспортной развязки на пересечении Объездной автодороги и ул. Московская.

Как видно из обзоров планируемых преобразований, во всех трех исследуемых городах проведение ЧМ-2018 послужило мощным катализатором развития транспортной инфраструктуры. Стоит отметить, что в Калининграде и Екатеринбурге новые транспортные объекты в большей степени приурочены непосредственно к проведению самого мероприятия и ориентированы в первую очередь на обеспечение доступа к стадиону и аэропорту. В Саранске создание новых дорог направлено на формирование связей между жилыми районами, т.е. в приоритете функционирование города вне мероприятия.

Методика исследования

В работе использовались несколько методологических подходов, цель которых заключалась в сопоставлении характеристик существующей транспортной сети городов и сети с учетом запланированных к 2018 г. изменений.

Исследование проводилось на основе программного обеспечения ArcGIS 10.3, основная часть работы — в модуле Network Analyst.



Фото © 2016 Софья Буторина

Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri

© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 3. Планируемые изменения транспортной инфраструктуры Екатеринбурга в рамках подготовки к ЧМ-2018

Необходимо отметить, что с учетом технических ограничений и недостатка данных в работе изменения транспортных систем городов оцениваются в первую очередь с точки зрения пользования личным автотранспортом. При этом при прочих равных улучшение показателей связности улично-дорожной сети положительно влияет и на организацию движения наземного общественного транспорта, так как предоставляет возможности для организации новых маршрутов или оптимизации существующих.

В качестве базовой пространственной информации для каждого из городов использо-

вались векторные наборы данных с краудсорсингового портала OpenStreetMap в формате shp.

Для создания **модели транспортной сети** города на первом этапе на основе слоя геоданных, содержащего объекты дорожной сети (*highway-lines*), был разработан дорожный граф. В таком графе ребрами являются отрезки дорог, а вершинами — точки их пересечения. На основе классификации типов дорог каждому ребру графа была присвоена средняя скорость движения автомобиля (например, тип дорог *primary* — скорость 70 км/ч, *residential* — 30 км/ч и т.п.). Затем было рас-

считано время движения в минутах по каждому из элементов сети, исходя из длины отрезка дороги и средней скорости движения автомобиля по нему. Фрагмент дорожного графа представлен на *рис. 4*.

Следующим этапом было создание сетевого набора данных (network dataset) с указанием полей для расчета расстояний и времени движения, а также единиц измерения. Таким образом, была получена транспортная модель для каждого из исследуемых городов. Дальнейшая работа проводилась с помощью инструментов панели Network Analyst. Для построения зон транспортной доступности создавалась New Service Area с указанием временных интервалов в минутах, для прокладки маршрутов — New Route.

На основе полученных транспортных моделей в модуле Network Analyst проводился анализ изменения **временной доступности** ключевых объектов изучаемых городов, таких как центр города, аэропорт, стадион, центры жилых районов¹. По каждому из городов были построены две модели: на основе существующей транспортной сети; на основе транспортной сети с учетом новых объектов, строящихся к 2018 г. Для Калининграда была построена также третья модель, учитывающая гипотетическую транспортную сеть в соответствии с изначальным проектом планировки.

Построение **топологических ярусов** проводилось с целью выявления изменений связности транспортной сети городов.

Топологическим ярусом называют замкнутую кольцеобразную полосу циклов — такую, что в нее попадают циклы, имеющие хотя бы одну общую точку с внешней его границей. Выделение ярусов начинается с установления внешней границы циклического каркаса: проводится линия по его внешнему периметру. К первому ярусу относятся все циклы, которые выходят на эту внешнюю границу. После выделения циклов первого яруса проводят внутреннюю границу этого яруса. Если внутри нее еще остались другие циклы, которые не вошли в состав первого яруса, то в остове есть еще и другие топологические ярусы, которые также необходимо выявить. Выделение ярусов проводится до тех пор, пока все циклы не попадут в тот или иной топологический ярус и в центре сети

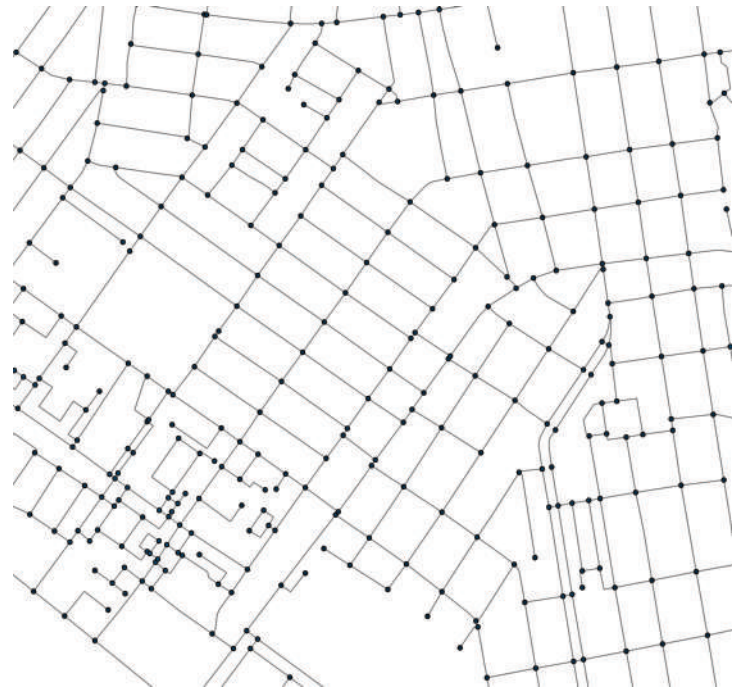


Фото © 2016 Софья Буторина
Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri
© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 4. Фрагмент дорожного графа

не останется ни одного «свободного» цикла [Тархов, 2005].

Все циклические сети легко различаются по числу выделенных топологических ярусов. Таким образом, с помощью метода выделения топологических ярусов можно однозначно установить уровень сложности транспортной сети: чем больше ярусов, тем сложнее сеть и, соответственно, лучше связность. Окраины города всегда относятся к низким топологическим ярусам, при движении к центру уровень повышается. Ключевую роль в оценке связности транспортной сети играет распределение площади города (а соответственно, и численности населения) по ярусам разных уровней, а также характер изменения сложности сети от окраин к центру.

Расчет топологических ярусов производился в ArcGIS 10.3 с помощью инструмента, созданного на основе скрипта на языке Python из свободного интернет-источника [Топологические ярусы..., 2016]. Исходными данными для работы инструмента служил файл дорог в формате shp. Результат работы инструмента — набор полигональных и линейных слоев — топологических ярусов.

1 В данной статье приведены лишь ключевые примеры визуализации расчетов доступности, представленные на *рис. 7* и *10*.

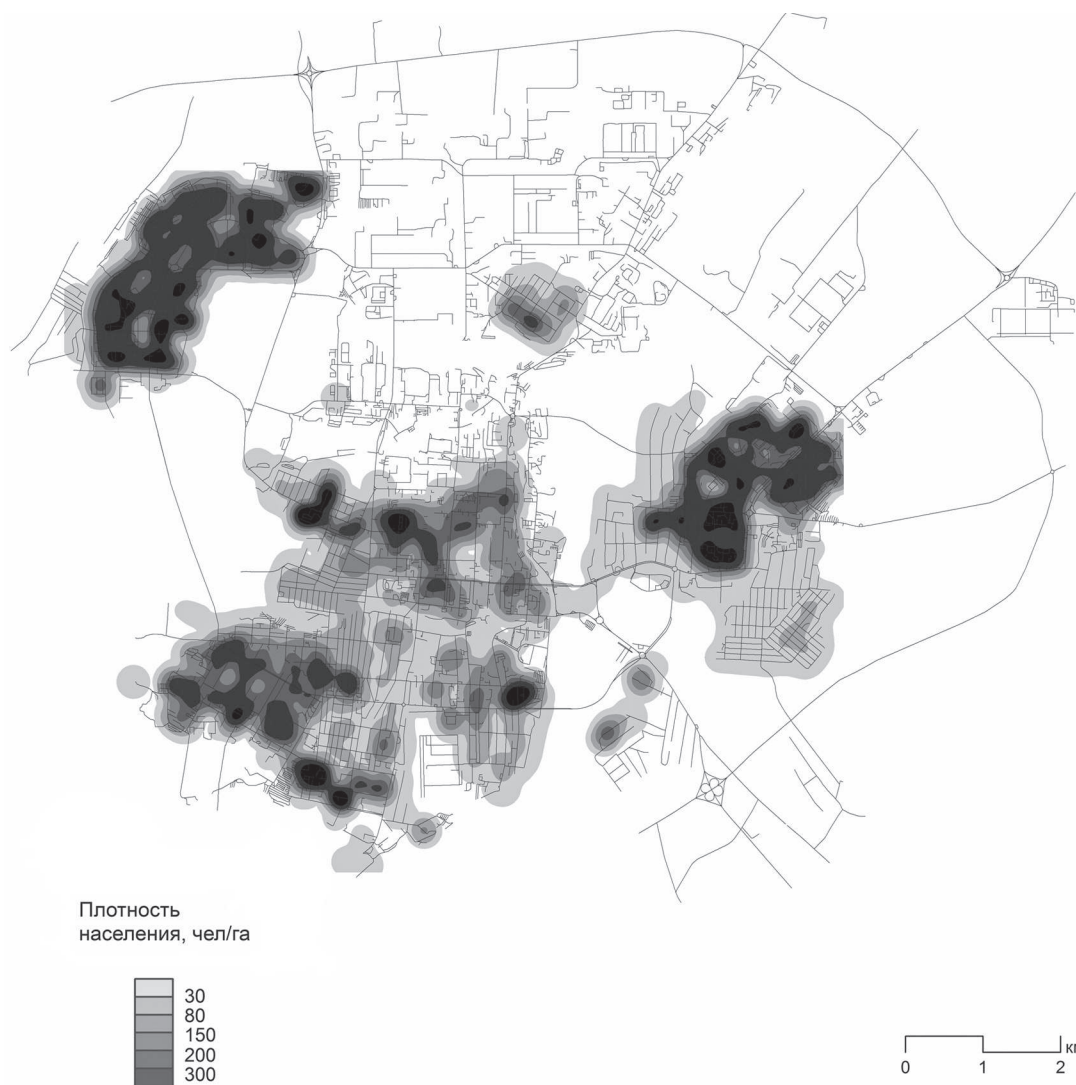


Фото © 2016 Софья Буторина

Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri

© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 5. Плотность населения Саранска

Их количество зависит от сложности транспортной сети города: чем больше ярусов, тем сложнее сеть и, следовательно, лучше связность.

Следует отметить, что первым шагом в пространственном анализе исследуемых городов было изучение пространственного **распределения населения**. В качестве исходных данных для анализа распределения населения и построения карт плотности использовался точечный слой, содержащий информацию о численности населения каждого жилого дома города. Она рассчитыва-

лась исходя из количества квартир в домах. Данные по жилым домам были получены из открытого онлайн-ресурса «Реформа ЖКХ» [Реформа ЖКХ]. Базы данных оказались неполными и дополнялись вручную с использованием сервиса Google Street View (фотопанорамы улиц). Построение карт плотности (рис. 5) методом псевдоизолиний проводилось с помощью инструмента Kernel Density, позволяющего получить растровый файл, каждая элементарная ячейка которого содержит определенные значения плотности населения.

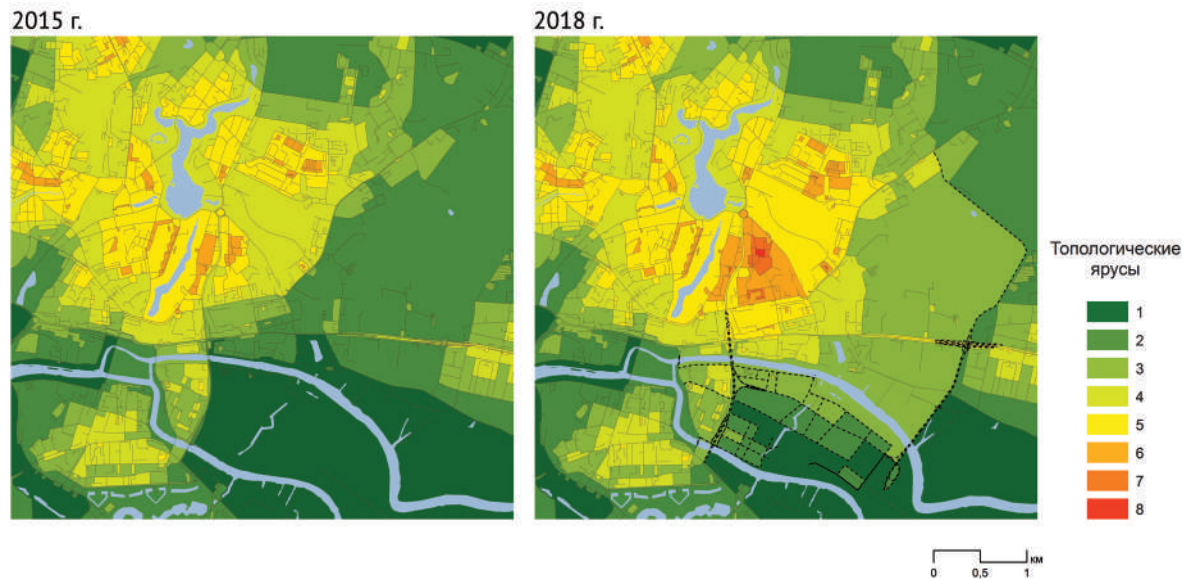


Фото © 2016 Софья Буторина
Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri
© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 6. Топологические ярусы Калининграда

Анализ изменений связности транспортной сети и доступности ключевых объектов

Калининград

Как показал анализ, мероприятия дорожного строительства к ЧМ-2018 в Калининграде ведут к значительному улучшению **связности улично-дорожной сети**. Восточная эстакада представляет собой новую связь о. Октябрьский с северной частью города. Следствием возникновения этой связи является переход территории центра города на более высокий топологический ярус.

Новая улично-дорожная сеть на острове также приводит к переходу части территорий острова на ярус выше (рис. 6).

На низких топологических ярусах (1, 2, 4) происходит сокращение площади на схеме 2018 г., а на высоких (5–7) — увеличение. Помимо перехода значительной площади земель на ярус уровнем выше, для улично-дорожной сети 2018 г. характерно возникновение дополнительного 8-го яруса. Появление нового яруса свидетельствует о повышении сложности транспортной сети и улучшении ее связности.

Продление Восточной эстакады с о. Октябрьский на юг и появление дополнительной связи с северной частью города по ул. Литовский Вал (согласно первоначальному проекту

планировки) приводит к сокращению площади территорий 1-го топологического яруса. Возникает дополнительный замкнутый цикл, и, как следствие, часть территории переходит на ярус выше.

Улучшение **транспортной доступности** в Калининграде наблюдается в первую очередь на о. Октябрьский, в связи с тем что здесь сконцентрированы основные мероприятия по возведению транспортной инфраструктуры к ЧМ-2018. Увеличение трех- и пятиминутных зон в северном направлении объясняется расширением ул. 9-го Апреля и строительством транспортной развязки с Московским проспектом, а также появлением Восточной эстакады (рис. 7). Благодаря расширению Северного обхода зона восьмиминутной доступности расширяется в восточном направлении, а новая развязка Северного обхода с Московским проспектом обеспечивает транзит при выезде из города на трассу А-229 — на схеме 2018 г. видно попадание развязки в восьмиминутную зону доступности острова.

Сравнение зон доступности по модели 2018 г. и гипотетической модели первоначального проекта показало, что продление Восточной эстакады вполне предсказуемо улучшило бы доступность центральной части острова в южном направлении, а мост на ул. Литовский Вал — в северном.

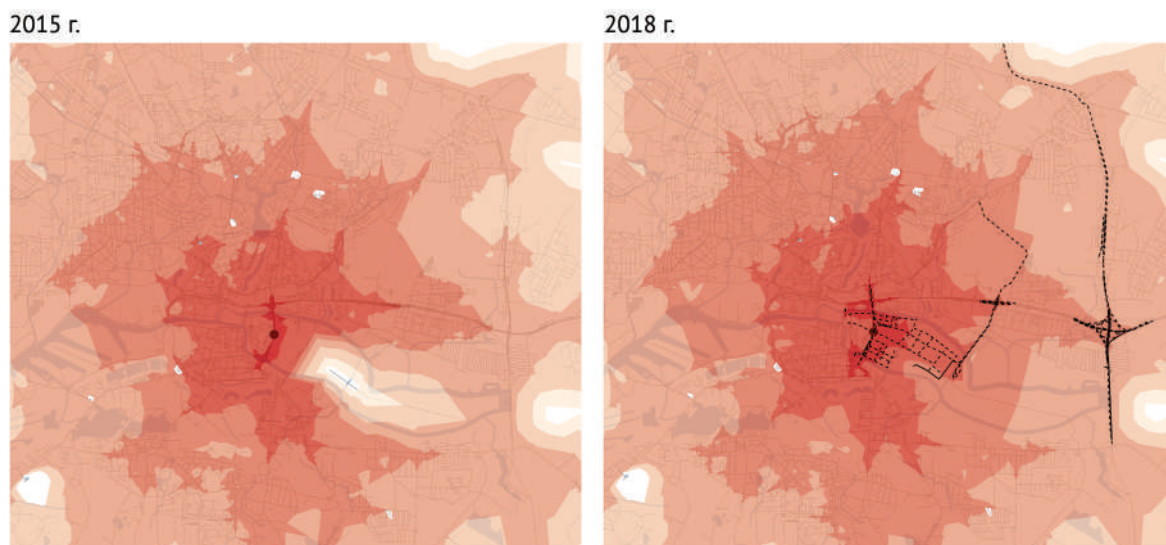


Фото © 2016 Софья Буторина
Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri
© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 7. Временная доступность о. Октябрьский (зоны: 1, 3, 5, 8, 12 минут)

В ходе работы с моделью были также оценены изменения доступности других локаций: выезда из города в северном направлении (пересечение с ул. Большая Окружная) и жилых массивов с многоэтажной застройкой на улицах Аэропортная и Артиллерийская. Во всех случаях наблюдается увеличение зон временной доступности в направлении о. Октябрьский и Северного обхода.

Путь от Московского проспекта в месте пересечения с ул. Кутаисская до подхода Калининградского шоссе к Окружной дороге (Северный обход) в моделях настоящего времени и 2018 г. автоматически прокладывается по-разному, несмотря на то что длина пути по Северному обходу меньше. Это связано с расширением Северного обхода к 2018 г. и, как следствие, значительным увеличением скоростей движения по нему (в модели строится кратчайший по времени путь) (рис. 8).

Саранск

Увеличение площади первого топологического яруса на схеме 2018 г. (рис. 9) связано с возникновением связей на окраинах города (Восточный обход и магистраль от ул. Коваленко до просп. 50 лет Октября), обеспечивающих появление новых замкнутых циклов в границах города. Как и в случае с Калининградом, наблюдается переход территорий на более высокий ярус. Как видно на рис. 9, за

счет появления связи между Пролетарским районом и районом Химмаш (планируемая дорога от ул. Победы до ул. Гожувской) значительная площадь земель переходит со второго яруса на третий.

При наложении на карту плотности населения особенно заметно **улучшение связности** сети в густонаселенных районах Химмаш (переход с 3-го на 4-й ярус), Светотехника и Юго-западный (переход со 2-го на 3-й ярус). В центре города (ул. Полежаева, ул. Титова) на схеме 2018 г. увеличивается площадь самого высокого 5-го яруса.

Для Саранска **изменения доступности**, возникающие в связи с введением новых объектов транспортной инфраструктуры, были оценены для аэропорта, центра города, а также центров районов Химмаш и Светотехстрой как наиболее густонаселенных.

Изменение транспортной доступности аэропорта Саранска (рис. 10) связано с появлением Восточного обхода, новый участок которого заканчивается на расстоянии 1 км от аэропорта. Часть центра города и район Химмаш теперь попадают в 8-минутную зону против 12-минутной до строительства обхода. Скорости движения увеличиваются также благодаря новой развязке на улицах Красная и Севастопольская. Почти вся территория города, включая самые отдаленные от аэропорта районы, теперь находится в пределах 15-минутной доступности.

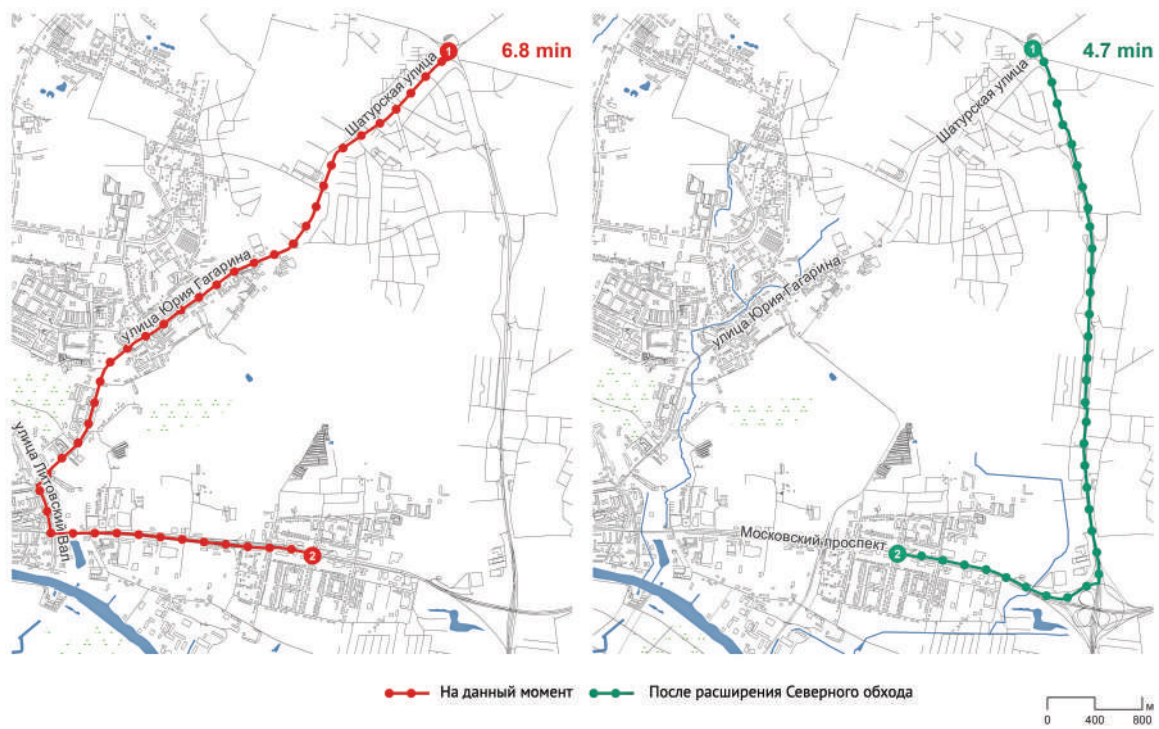


Фото © 2016 Софья Буторина
 Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri
 © Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 8. Маршрут ул. Кутаисская – Калининградское шоссе

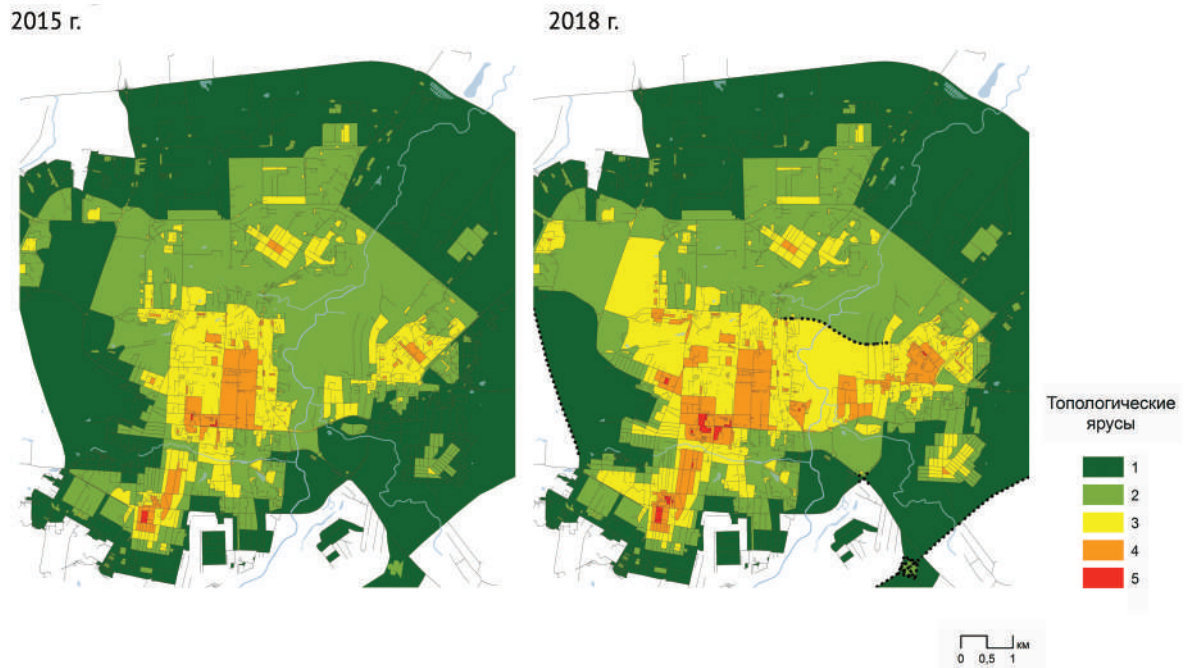


Фото © 2016 Софья Буторина
 Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri
 © Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 9. Топологические ярусы Саранска

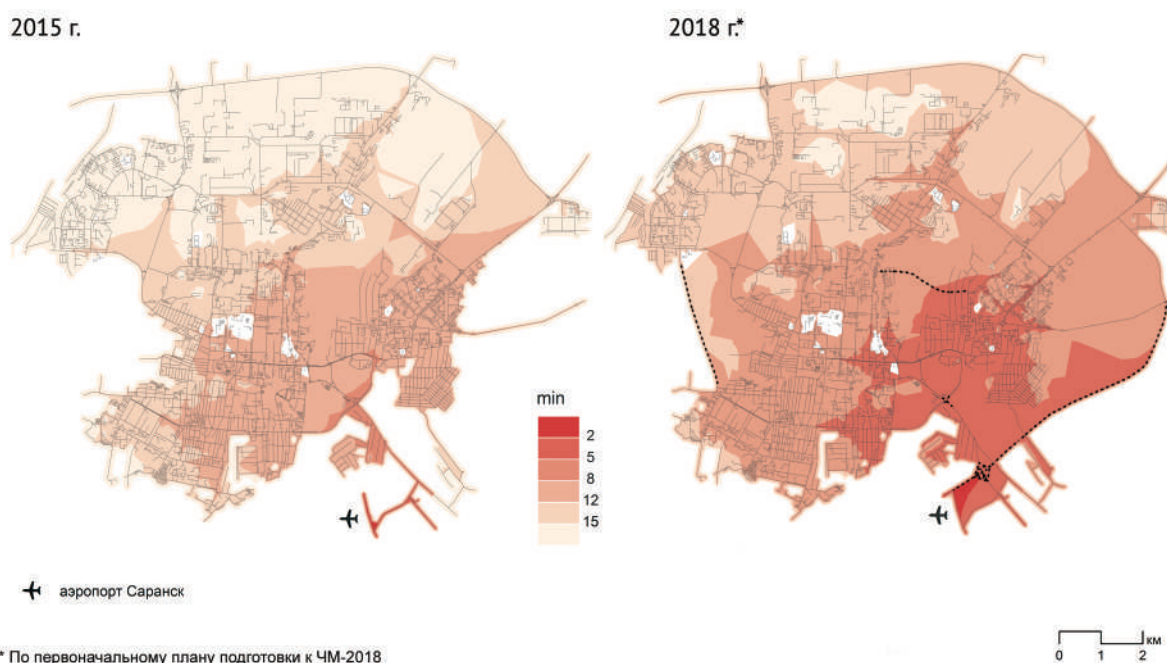


Фото © 2016 Софья Буторина
Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri
© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 10. Временная доступность аэропорта Саранска

Необходимо отметить, что значения времени, полученные на основе модели, могут быть несколько занижены, поскольку в ней не учтены светофоры и запреты поворотов, а скорости движения автомобиля заданы для условий низкого трафика. Также качество и детализация исходных данных OpenStreetMap не позволяют полноценно учитывать количество полос движения, а соответственно и пропускную способность отрезков улично-дорожной сети. В некоторых случаях невозможно достоверно определить назначение того или иного отрезка улично-дорожной сети, вследствие чего границы остовов или ярусов могут проходить через внутриквартальные проезды. Тем не менее в данном случае модель наглядно показывает значительное улучшение доступности аэропорта. В рамках настоящего исследования этим можно пренебречь, так как, по сути, апробируется методика оценки изменений как таковая, и в первую очередь важна демонстрация возможностей для сравнения, а не результаты анализа.

Взаимная доступность густонаселенных районов Светотехника и Химмаш улучшается благодаря строительству новых магистралей. Доступность центра города меняется незна-

чительно, так как новые дороги представляют собой хордовые связи.

На рис. 11 представлены маршруты, проложенные между районами Светотехника и Химмаш. Для наглядности маршруты наложены на карту плотности населения. Как видно на рис. 11, новая дорога ул. Победы — ул. Гожувской позволит сократить время движения, впрочем, реальная потребность таких связей на данном этапе кажется сомнительной в отсутствие заметных концентраций мест притяжения в этих жилых районах, а следовательно, и необходимости корреспонденций между ними. Аналогичным образом новая дорога ул. Коваленко — просп. 50 лет Октября ускорит движение между районами Светотехника и Октябрьский.

Екатеринбург

Изменения в **связности** улично-дорожной сети Екатеринбурга к 2018 г. вызвано соединением просп. Ленина с ул. Татищева и появлением ул. Соединительная; т.е. новые объекты, образующие связи, локализованы возле Центрального стадиона — главного объекта ЧМ-2018. Строительство трех крупных транс-

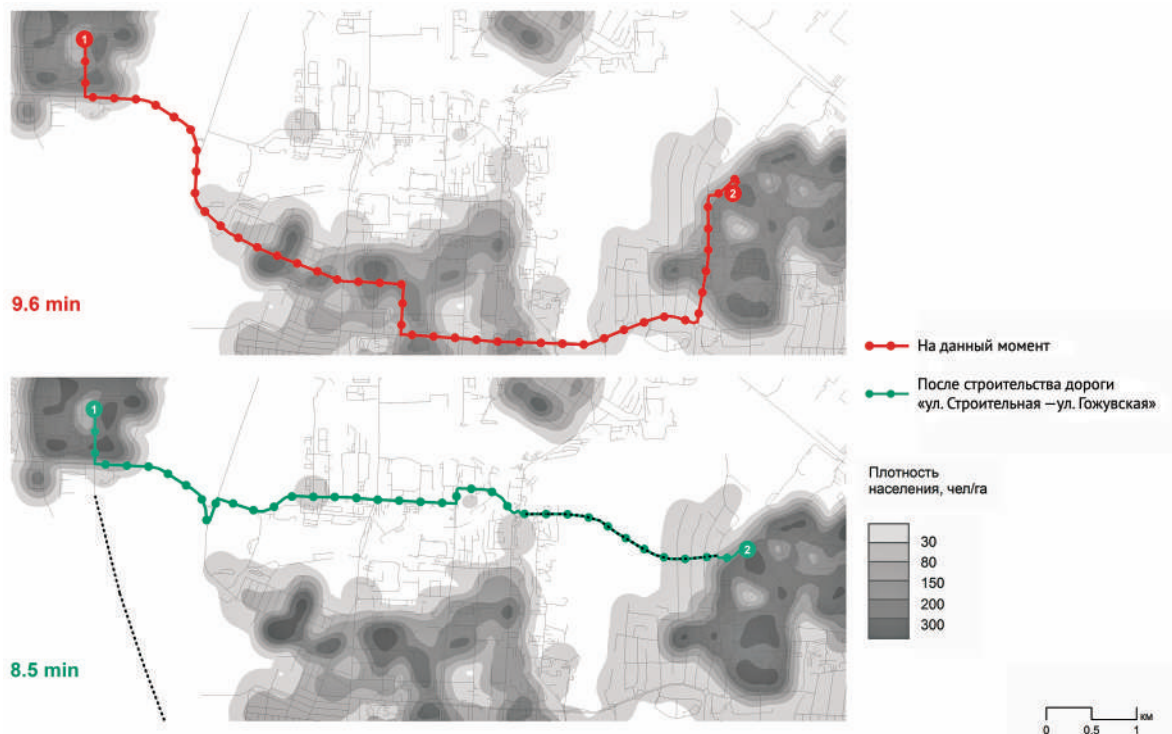


Фото © 2016 Софья Буторина

Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri

© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 11. Маршрут Светотехника – Химмаш

портных развязок и реконструкция дорог не оказывают влияния на связность сети. Таким образом, перераспределение территорий по топологическим ярусам произошло в этой же локации (западная часть Верх-Исетского района).

Происходит перемещение нескольких микрорайонов с многоэтажной жилой застройкой на более высокий топологический ярус. Появление новых связей улучшает ситуацию и в направлении центра города (рис. 12).

Как упоминалось ранее, строительство транспортных развязок на Объездной дороге призвано обеспечить транзит от аэропорта к стадиону. Согласно созданной модели, уменьшается время пути до аэропорта из Ленинского района (плотная многоэтажная застройка) и части Верх-Исетского района. Это происходит за счет увеличения скорости движения в местах пересечений Объездной дороги с ул. Серафимы Дерябиной, улиц Амундсена и Московская, где до изменений к ЧМ-2018 осуществляется светофорное регулирование.

Соединение улиц Ленина и Татищева повышает доступность центра города для жи-

телей микрорайона Визовский, плотность населения в котором превышает 300 чел/га. Сегодня нельзя добраться до района из центра города (Плотинка) напрямую, нужно делать петлю в южном направлении. Продление просп. Ленина обеспечит транзит в центр микрорайона.

Заключение

Как показал анализ, во всех исследуемых городах в связи с реализацией транспортных проектов в рамках подготовки к ЧМ-2018 происходит улучшение связности улично-дорожной сети и повышается автомобильная доступность ряда объектов. Рассмотрим каждый из кейсов на предмет того, какие реальные эффекты будут оказаны на транспортные системы городов.

Главной локацией проведения ЧМ-2018 в **Калининграде** является о. Октябрьский. До начала подготовки к данному мероприятию на протяжении долгого времени была освоена лишь западная оконечность острова, в то время как его большая часть, а именно вся территория восточнее Второго эстакад-

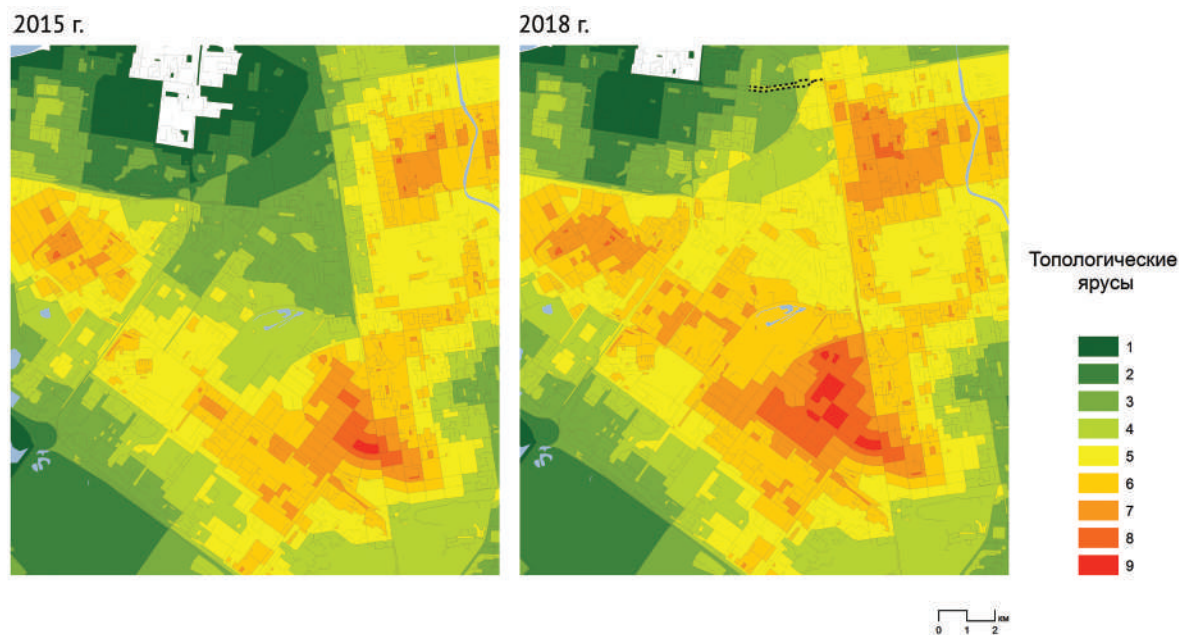


Фото © 2016 Софья Буторина

Использовано программное обеспечение ArcGIS®, copyright © Esri

© Участники проекта OpenStreetMap, CC-BY-SA

Рис. 12. Топологические ярусы Екатеринбурга

ного моста, пустовала. Строительство спортивного стадиона и новой улично-дорожной сети — это лишь начало интеграции острова в городскую ткань. Согласно разработанному проекту планировки, на территории запланировано размещение жилищного фонда в объеме 413 тыс. кв. м, в котором многоэтажная многоквартирная застройка составит 99% [Чем планируют..., 2016].

Помимо жилья на острове запланировано строительство крупных объектов физкультуры и спорта, рекреации, развитие пешеходной и велосипедной инфраструктуры. В соответствии с принятой архитектурно-планировочной концепцией остров должен стать важным звеном в системе водных и рекреационных пространств Калининграда и его центра. Таким образом, о. Октябрьский в ближайшем будущем станет крупным центром притяжения (а также постоянного размещения) населения.

В связи с этим реконструкция существующих (Второй эстакадный мост) и создание новых (Восточная эстакада) транспортных связей с материковой частью города представляются актуальными. По первоначальному ППТ Восточная эстакада должна была соединять основные широтные артерии города — Московский проспект и ул. Емельянова. В результате к 2018 г. будет построен

только северный участок дороги — до острова, что значительно сокращает потенциальные положительные эффекты проектируемой эстакады. Таким образом, пока о. Октябрьский не будет в достаточной степени освоен и заселен, роль данного участка Восточной эстакады не оправдана вне проведения ЧМ-2018. При сравнении топологической связности гипотетической дорожной сети и реальной на 2018 г. была выявлена значительная роль южного участка эстакады, возникающая в связи с появлением дополнительного замкнутого цикла. Следовательно, для получения положительного эффекта для городской транспортной системы в целом необходимо достроить Восточную эстакаду в соответствии с исходным проектом. Создание этой дополнительной хордовой связи позволит разгрузить центральную часть города и связать Московский и Ленинградский районы.

Другие меры, такие как реконструкция и расширение Северного обхода, ул. 9 Апреля, Второго эстакадного моста, оказывают положительный эффект на транспортную систему и отвечают потребностям города.

В **Саранске** транспортная инфраструктура, проектируемая в рамках подготовки к ЧМ-2018, — это в первую очередь хордовые связи, обеспечивающие связь жилых районов

с высокой плотностью населения между собой. Если посмотреть на карту плотности населения, выделяются микрорайоны Светотехника (северо-запад, Пролетарский район), Химмаш (северо-восток, район Октябрьский) и Юго-западный район как наиболее густонаселенные. Новая магистраль ул. Коваленко — просп. 50 лет Октября становится связующей между юго-западной частью города и Светотехникой, проектируемая дорога ул. Победы — ул. Гожувской обеспечит связь Химмаша с Пролетарским районом. Согласно проведенному анализу, со строительством дорог улучшается временная доступность центров перенаселенных районов.

Строительство развязки на пересечении улиц Красная и Севастопольская — единственная мера, которую можно рассматривать как приуроченную исключительно к проведению ЧМ-2018: развязка обеспечивает прямой проезд от аэропорта к стадиону «Мордовия Арена». Восточный обход и новая равноуровневая транспортная развязка с путепроводом через автодорогу Саранск — Кочкурово позволяет вывести транзитный транспорт за пределы городской зоны, а также улучшает доступность аэропорта.

Таким образом, меры по подготовке транспортного обеспечения ЧМ-2018 в Саранске можно рассматривать как высокоэффективные: новые объекты дорожной инфраструктуры улучшают связность сети и повышают транспортную доступность именно тех локаций, где на это имеется наибольший спрос.

В **Екатеринбурге** одним из основных эффектов от подготовки к ЧМ-2018 станет увеличение скоростей движения по Обьездной автодороге за счет возведения трех транспортных развязок. Развязка Обьездной с ул. Серафимы Дерябиной обеспечит транзитный проезд в центр города для жителей самого крупного микрорайона Академический. Соединение ул. Татищева и просп. Ленина приводит к улучшению доступности центра Екатеринбурга для жителей Верх-Исетского района, в частности микрорайона Визовский. С этим же проектом связано повышение связности улично-дорожной сети в Верх-Исетском районе.

Изначально в рамках подготовки к ЧМ-2018 рассматривался еще один проект, от которого впоследствии отказались по причине недостатка финансирования. Планировалось построить мост Опалихинский через р. Исеть между улицами Папанина и Опалихинская.

Мост обеспечил бы короткий путь в центр Екатеринбурга жителям районов Сортировка и Заречный. Но в приоритете все же оказались проекты, направленные на обеспечение перемещений непосредственно в ходе мероприятия, и строительство моста отложили на неопределенный срок.

В целом изменения транспортной системы при подготовке к ЧМ-2018 в Екатеринбурге достаточно локальны — они не оказывают глобального влияния на город, как в случаях с Саранском и Калининградом. Несмотря на то, что они в первую очередь направлены на успешное проведение мероприятия, долгосрочные положительные эффекты для отдельных районов города, как было отмечено ранее, также присутствуют.

В ходе исследования была проведена оценка эффективности транспортной инфраструктуры, возводимой для проведения ЧМ-2018, в трех российских городах. По результатам сделаны следующие **выводы**:

— В Калининграде, Саранске и Екатеринбурге проведение ЧМ-2018 положительно меняет связность улично-дорожной сети, в отдельных случаях переводит значительные площади города на более высокие уровни топологических ярусов и тем самым обеспечивая проживающих и трудящихся на этих территориях горожан возможностями улучшения уровня транспортного обслуживания.

— Самой эффективной для транспортной системы города вне проведения мероприятия представляется инфраструктура, возводимая в Саранске: заметно улучшается связь двух густонаселенных частей города, новый уровень связности обеспечивается в срединной части города. В Калининграде новые транспортные объекты ориентированы на обеспечение доступа к стадиону и аэропорту и не играют заметной роли в отсутствие на текущий момент жилой и деловой застройки на о. Октябрьский. Частичная реализация планов строительства мостов на остров также ограничивает потенциал улучшения связности и возникновения сопутствующих положительных эффектов на этой территории. В Екатеринбурге изменения приурочены непосредственно к проведению ЧМ-2018 и в минимальной степени учитывают потребности населения.

— Апробирование методики оценки и прогнозирования эффектов, оказываемых на город новой транспортной инфраструктурой, возводимой для проведения спортивных

мегамероприятий, показало, что такую оценку можно проводить на основе открытых пространственных данных, но результаты могут обладать рядом недостатков и неточностей в связи с нестабильным качеством исходных данных и недостаточным уровнем детализации атрибутов улично-дорожной сети.

— Интерпретация результатов на данном этапе затруднительна ввиду «синтетического» характера показателей, которые можно рассчитать. Для адекватной интерпретации необходимо проводить дальнейшие исследования с целью выявления связи модельных данных с какими-либо реальными показателями по завершении строительства в исследуемых городах.

Полученные в ходе работы модели в дальнейшем могут быть использованы для более

детального изучения городов. Это возможно при добавлении в них данных по таким показателям, как запреты поворотов, светофорное регулирование и проч.

Опробованная в работе методика подходит для предварительного прогнозирования изменений функционирования транспортных систем в результате создания новой транспортной инфраструктуры. Для подтверждения данных, полученных на основе моделей, необходимы исследования по результатам строительства. Таким образом, будущим направлением работы может быть изучение влияния измеренных и спрогнозированных на основе моделирования параметров на реальные показатели. Только после подобного анализа может быть оценена экономическая эффективность мер.

Литература

- Муниципальная целевая программа «Подготовка к проведению в 2018 году Чемпионата мира по футболу» на 2015–2017 годы (утв. Постановлением Администрации городского округа Саранск от 27 июля 2015 г. N 2152).
- План управления перевозками и движением в г. Калининграде на период проведения Чемпионата мира по футболу 2018 г. / Институт экономики транспорта и транспортной политики НИУ ВШЭ. М.: НИУ ВШЭ, 2016.
- Проект планировки территории Московского и Ленинградского районов г. Калининграда, предназначенной для размещения стадиона на 45000 зрительских мест. Калининград, 2014.
- Реформа ЖКХ <<http://www.reformadkh.ru>>.
- Тархов С.А. (2005) Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск – Москва: Универсум.
- Топологические ярусы (Обучающее видео). Режим доступа: http://www.transtsa.ru/first_ex_useful_information.htm (дата обращения: 25.05.2016).
- Чем планируют застроить остров Октябрьский? Режим доступа: http://stroyint.ru/stroitelstvo/strojnadzor/chem_planiruyut_zastroit_ostrov_oktyabr_skiy/ (дата обращения: 22.05.2016).
- Bovy P. (2006) Solving Outstanding Mega-event Transport Challenges: The Olympic Experience // *Public Transport International*. P. 32–34.
- Bovy P. (2011) Transportation Accelerated Developments for World Mega-events: International Road Congress “Road traffic management in the Russian federation”. Moscow, 2011.
- Hiller H.H. (2006) Post-event Outcomes and the Post-modern Turn: The Olympics and Urban Transformations // *European Sports Management Quarterly*. No. 6 (4). P. 317–332.
- Kassens E. (2013) Transport Legacy of the Olympic Games, 1992–2012 // *Journal of Urban Affairs*. No. 35 (4). P. 393–416.
- Kassens E. (2009) Transportation Planning for Mega Events: A Model of Urban Change. Massachusetts Institute of Technology.
- Manelli S. (2013) Experience in the Preparation of Transport Infrastructure and Transportation Services of International Sports Events.
- Robbins D., Dickinson J., Calver S. (2007) Planning Transport for Special Events: A Conceptual Framework and Future Agenda for Research // *International Journal of Tourism Research*. No. 9. P. 303–314.

S. BUTORINA, E. KOTOV

EFFECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE BUILT FOR MEGA SPORTS EVENTS ON TRANSPORTATION SYSTEMS OF HOST CITIES

References

- Plan upravleniya perezovkami i dvizheniem v g. Kalinigrade na period provedeniya Chempionata mira po futbolu 2018* [Kaliningrad transportation management plan for the period of FIFA 2018 World Cup]. Institut ekonomiki transporta i transportnoy politiki, Visshaya Shkola Ekonomiki [Institute for Transport Economics and Policy, Higher School of Economics]. Moscow: NRU HSE 2016.
- Proekt planirovki territorii Moskovskogo i Leningradskogo rayonov g. Kalinigrada, prednaznachennoy dlya razmescheniya stadiona na 45000 zritelskikh mest* [Land use plan for 45000 visitors stadium in Moskovsky and Leningradsky districts of Kalinigrad]. Kalinigrad, 2014.
- Tarkhov S.A. (2005) *Evolutsionnaya morfologiya transportnykh setey* [Evolutionary morphology of transport networks]. Smolensk: Universum.
- Topologicheskoye yaruzi [Topological levels]. Available at: http://www.transtsa.ru/first_ex_useful_information.htm (accessed 25.05.2016).
- Chem planiruyut zastroit ostrov Oktyabrskiy? [What development is planned on Oktyabrskiy island?]. Available at: http://stroyint.ru/stroitelstvo/strojnadzor/chem_planiruyut_zastroit_ostrov_oktyabrskiy/ (accessed 22.05.2016).
- Bovy P. (2006) Solving Outstanding Mega-event Transport Challenges: The Olympic Experience. *Public Transport International*, pp. 32–34.
- Bovy P. (2011) *Transportation Accelerated Developments for World Mega-events*: International road congress "Road traffic management in the Russian federation". Moscow.
- Hiller H.H. (2006) Post-event Outcomes and the Post-modern Turn: The Olympics and Urban Transformations. *European Sports Management Quarterly*, no 6 (4), pp. 317–332.

Authors

Sofia Butorina, Graduate School of Urbanism, National Research University Higher School of Economics, master's student.

E-mail: sobutorina@gmail.com

Egor Kotov, Graduate School of Urbanism, National Research University Higher School of Economics, research fellow.

E-mail: ekotov@hse.ru

Abstract

This article analyzes the effects of new transport infrastructure on transport systems in Russia's 2018 FIFA World Cup host cities. We selected the cities we examine here according to the scale of planned transport infrastructure development: Saransk, Kaliningrad, and Ekaterinburg are all experiencing substantial transportation expansion. Analysis is conducted using open spatial data on populations and street networks. Transport infrastructure development is evaluated in terms of its effectiveness and usefulness for hosting cities after the 2018 World Cup. We note that the investment into Saransk's new transport infrastructure appears to be the most effective in terms of future use. We demonstrate the feasibility of conducting such analysis using only open data, but also identify some of the issues and pitfalls of doing so.

Keywords: transport infrastructure; mega-events; open data; spatial analysis; FIFA World Cup 2018; transport accessibility; topological connectivity

- Kassens E. (2013) Transport Legacy of the Olympic Games, 1992–2012. *Journal of Urban Affairs*, no 35 (4), pp. 393–416.
- Kassens E. (2009) *Transportation Planning for Mega Events: A Model of Urban Change*. Massachusetts Institute of Technology.
- Manelli S. (2013) Experience in the Preparation of Transport Infrastructure and Transportation Services of International Sports Events.
- Robbins D., Dickinson J., Calver S. (2007) Planning Transport for Special Events: A Conceptual Framework and Future Agenda for Research. *International Journal of Tourism Research*, no 9, pp. 303–314.