

Д.М. Курлович<sup>1</sup>, И.П. Усова<sup>2</sup>, В.А. Сыроева<sup>3</sup>

## КАРТОГРАФО-ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ПЛАНОВ ЗЕЛЕННОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

### АННОТАЦИЯ

В последние годы в Республике Беларусь развивается практика внедрения в градостроительные программы развития городов элементов зеленой инфраструктуры, способствующих переходу на экологически чистые производственные технологии, а также переходу к строительству зданий и сооружений с низкой долей энерго- и ресурсопотребления, внедрению экологически ориентированной транспортной инфраструктуры, применению эффективных технологий сбора, утилизации и переработки отходов, увеличению в городах доли озелененных пространств.

С 2016 г. по настоящее время в стране реализуется пятилетний проект «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси (Зеленые города)» программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН). Основной целью проекта является широкое распространение планов зеленого градостроительства и реализация пилотных инициатив в городах Полоцк, Новополоцк, Новогрудок, связанных с повышением энергоэффективности и устойчивым транспортом.

Важной составляющей при формировании планов зеленого градостроительства является оперирование пространственными данными. Для этой цели в исследовании были применены картографо-геоинформационные подходы. Они позволили выявить современные особенности распределения в пилотных городах индикаторов зеленого города, выполнить их анализ и осуществить картографирование элементов стратегии развития, которая позволит улучшить «сине-зеленую» инфраструктуру.

Для каждого города в среде инструментальных геоинформационных систем ArcGIS и QGIS была разработана методика и осуществлено картографирование индикаторов, характеризующих состояние жилищного фонда, качество застройки, плотности населения, расположение зеленых территорий, доступность остановок общественного транспорта и других объектов городской инфраструктуры, включая инфраструктуру обслуживания туризма и распределение потребителей энергоресурсов и источников выбросов CO<sub>2</sub>.

По результатам сопряженного ГИС-анализа полученных слоев индикаторов профиля зеленого города было осуществлено картографирование элементов стратегии развития.

Информация тематических слоев по индикаторам городского развития послужила основой создания в некоммерческом вьювере ArcGIS Online серии веб-карт, которые в настоящее время вынесены на обсуждение жителями ключевых городов.

Подготовленные в рамках проекта картографические материалы можно дополнять и использовать для работы администрациям городов, а также для информирования населения о состоянии города и принимаемых решениях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** веб-карта, геоинформационные системы, зеленое градостроительство, зеленые города, индикаторы профиля зеленого города

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет, Факультет географии и геоинформатики, пр. Независимости, д. 4, 220030, Минск, Республика Беларусь; *e-mail*: kurlovich@bsu.by

<sup>2</sup> Проект ПРООН «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси (Зеленые города)», ул. Красноармейская, д. 22А, офис 15, 220030, Минск, Республика Беларусь; *e-mail*: iryna.usava@undp.org

<sup>3</sup> Проект ПРООН «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси (Зеленые города)», ул. Красноармейская, д. 22А, офис 15, 220030, Минск, Республика Беларусь; *e-mail*: vera.sysoyeva@undp.org

Dzmitry M. Kurlovich<sup>1</sup>, Iryna P. Usova<sup>2</sup>, Vera A. Sysoyeva<sup>3</sup>

## CARTOGRAPHIC AND GEOINFORMATIONAL SUPPORT FOR DEVELOPMENT OF GREEN URBAN PLANNING IN THE REPUBLIC OF BELARUS

### ABSTRACT

In recent years, the Republic of Belarus has developed the practice of introducing elements of green infrastructure into urban development programs. This is a contribution to the transition to environmentally friendly production technologies, the construction of buildings with a low share of energy and resource consumption, the implementation of environmental-oriented transport infrastructure, the use of effective technologies for the collection, disposal and processing of waste, and an increase in amount of green areas in cities.

From 2016 to the present, the country is implementing a 5-year project of the United Nations Development Programme (UNDP) "Supporting Green Urban Development in Small and Medium-Sized Cities in Belarus". The objective of the Project is the growth of development of green urban development plans and pilot green urban development initiatives in the cities of Polack, Navapolack, Navahrudak related to energy efficiency and sustainable transport.

An important component in the formation of green urban planning is the operation of spatial information. For this purpose, mapping and geoinformation approaches were applied in the study. They made it possible to identify the modern features of the distribution of green city indicators in pilot cities, carry out their analysis and propose a new development strategy that will improve the blue-green infrastructure.

For each city, in the instrumental geographic information systems ArcGIS and QGIS, a methodology was developed and indicators were mapped that characterize condition of residential areas, quality of buildings, population density, location of green areas, proximity of public transport stops and other urban infrastructure, tourism service infrastructure and the distribution of energy users and sources of CO<sub>2</sub> emissions.

Based on the results of GIS analysis of the obtained layers of indicators of the profile of the green city, a spatial development strategy was formed.

The information of the thematic layers on indicators of urban development became the basis for the creation of a series of web maps in ArcGIS Online, which are currently being discussed by residents of key cities.

The cartographic materials prepared within the project can be finalized and used to work with city administrations, as well as to inform the population about the state of the city and the decisions taken.

**KEYWORDS:** web map, geographic information systems, green urban planning, green cities, green city profile indicators

---

<sup>1</sup> Belarusian State University, The Faculty of Geography and Geoinformatics, Nezavisimosti avenue, 4, 220030, Minsk, Republic of Belarus; *e-mail:* [kurlovich@bsu.by](mailto:kurlovich@bsu.by)

<sup>2</sup> The UNDP Project "Supporting Green Urban Development in Small and Medium-Sized Cities in Belarus", Krasnoarmeyskaya str., 22A, office 15, 220030, Minsk, Republic of Belarus; *e-mail:* [iryna.usava@undp.org](mailto:iryna.usava@undp.org)

<sup>3</sup> The UNDP Project "Supporting Green Urban Development in Small and Medium-Sized Cities in Belarus", Krasnoarmeyskaya str., 22A, office 15, 220030, Minsk, Republic of Belarus; *e-mail:* [vera.sysoyeva@undp.org](mailto:vera.sysoyeva@undp.org)

## ВВЕДЕНИЕ

С ростом численности городов и ухудшением экологической обстановки в них все более актуальной становится задача пересмотра сложившихся на настоящий момент стереотипов формирования городской среды и перехода к проектированию и развитию городов как экологических систем. Такой подход подразумевает внедрение в практику градостроительства элементов «зеленой» или «сине-зеленой» инфраструктуры, обеспечивающих улучшение качества воздуха и воды, мероприятия по адаптации к изменениям климата, выработку экологически чистой энергии, исключение потерь тепла, производство экологически чистых продуктов питания, обеспечение рационального использования водных и почвенных ресурсов, повышение биоразнообразия [Душкова, 2016]. В качестве основных элементов зеленой инфраструктуры выделяются: зеленое строительство (с низкой долей энерго- и ресурсопотребления, экологически чистые производственные технологии), зеленый транспорт (электробусы, гибриды, электромобили, велосипеды), экологическое управление отходами (бестермическая переработка мусора, вторичная переработка), зеленые транспортные маршруты, экологические коридоры [Ощепкова, 2016].

Аналізу внедрения в градостроительные программы развития городов элементов зеленой инфраструктуры посвящено значительное количество зарубежных исследований [Ali et al., 2021; Baycan-Levent et al., 2009; Benedict et al., 2002; Cameron et al., 2012; Foster et al., 2011; M'Ikiugu et al., 2011; Pauleit et al., 2019, 2021; Tzoulas et al., 2007; Wang et al., 2009; Wright et al., 2011]. В последние годы активно развивается данное направление и в Республике Беларусь. В качестве основных проблем развития «зеленого» градостроительства в Беларуси следует отметить нижеследующие. В белорусских городах до сих пор работает большое количество промышленных предприятий с устаревшими технологиями очистки выбросов, крайне высок уровень ресурсопотребления в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве, эколого-ориентированное развитие транспортной инфраструктуры в городах ведется низкими темпами, решение проблемы применения эффективных технологий сбора, утилизации и переработки отходов пока далеко до завершения, системы раздельной канализации в градостроительной практике не применяются. Необходимо повышение энергоэффективности городской застройки, реальная обеспеченность жителей городов озелененными пространствами неуклонно снижается [Потаев и др., 2018; Сысоева, 2019].

С 2016 г. по настоящее время в Беларуси реализуется 5-летний проект «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси (Зеленые города)» программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН). Основной целью проекта является широкое распространение планов зеленого градостроительства и реализация пилотных инициатив, связанных с повышением энергоэффективности и устойчивым транспортом в малых и средних городах. Реализуется проект по следующим направлениям:

- разработка и принятие планов зеленого градостроительства;
- пилотные инициативы по устойчивому городскому транспорту в г. Новополоцке и г. Полоцке;
- пилотные инициативы по повышению энергоэффективности в г. Новогрудке;
- механизмы для последующего тиражирования зеленого градостроительства в Беларуси.

По результатам выполнения проекта ожидается прямое сокращение выбросов парниковых газов в объеме 77,8 тыс. тонн  $\text{CO}_2$  в эквиваленте за счет повышения эффективности городского транспорта в г. Полоцке и г. Новополоцке, а также 13,3 тыс. тонн  $\text{CO}_2$  в эквиваленте за счет повышения энергоэффективности в г. Новогрудке. Предполагается, что косвенное сокращение выбросов совокупно за 10-летний период после завершения проекта составит от 25,2 тыс. тонн до 231 тыс. тонн  $\text{CO}_2$  в эквиваленте.

Важной составляющей при формировании планов зеленого градостроительства является оперирование пространственными данными. Для этого были применены картографо-геоинформационные подходы. Они позволили выявить современные особенности распределения в городах Полоцк, Новополоцк, Новогрудок индикаторов зеленого города и выполнить их анализ для дальнейшей разработки стратегии развития, которая позволит улучшить сине-зеленую инфраструктуру ключевых объектов проекта ПРООН «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси (Зеленые города)». Таким образом, основная цель настоящего исследования – предложить картографо-геоинформационное обеспечение для разработки планов зеленого градостроительства в Республике Беларусь.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геоинформационное картографирование индикаторов профиля зеленого города выполнялись для каждого из трех пилотных городов (Новогрудок, Полоцк и Новополоцк). Было использовано следующее программное ГИС-обеспечение: демонстрационная версия коммерческой инструментальной ГИС ArcGIS (ESRI, США) и некоммерческая инструментальная ГИС QGIS. Для каждого из пилотных городов (при наличии данных, [Курлович и др., 2021]) выполнялось картографирование следующих индикаторов:

- городские территории нового освоения;
- распределение населения по территории города;
- застроенные территории;
- озелененные территории;
- рекреационные объекты;
- территории охраны историко-культурного наследия;
- природоохранные зоны;
- здания, подлежащие капитальному ремонту;
- объекты медицинского обслуживания населения, 500-метровая зона доступности к базовым медицинским услугам;
- учреждения образования;
- учреждения культуры;
- территории, подверженные климатическим угрозам и (или) стихийным бедствиям;
- озелененные территории площадью более 0,2 га, 300-метровая зона доступности озелененных территорий;
- озелененные территории площадью более 0,2 га, 500-метровая зона доступности озелененных территорий;
- остановки общественного транспорта, 300-метровая зона доступности общественного транспорта;
- остановки общественного транспорта, 500-метровая зона доступности общественного транспорта;
- веломаршруты, 400-метровая зона доступности веломаршрутов;
- велопарковки;
- историко-культурные объекты;
- инфраструктура обслуживания туризма;
- распределение потребителей энергоресурсов по территории города;
- распределение источников выбросов CO<sub>2</sub> по территории города.

Картографирование индикаторов осуществлялось по данным на 2020 г. Предполагается их дальнейшее ежегодное обновление.

По результатам сопряженного ГИС-анализа полученных слоев индикаторов профиля зеленого города предпринята попытка картографо-геоинформационного обеспечения форми-

рования стратегии развития ключевых городов проекта, которая позволит улучшить состояние сине-зеленой инфраструктуры.

В качестве базовых пространственных данных (общегеографическая основа) при разработке ГИС-проектов каждого из индикаторов профиля зеленого города были использованы открытые (некоммерческие) данные проекта OpenStreetMap. При формировании векторной информации разработчиками данного проекта были использованы данные с персональных GPS-трекеров создателей, аэрокосмические данные, видеозаписи, спутниковые снимки и панорамы улиц, а также знания ГИС-специалистов, формировавших векторные слои. В ГИС-проектах индикаторов профиля зеленого города использовались следующие слои проекта OpenStreetMap: settlement-polygon (населенные пункты); building-polygon (здания); highway-line (автодороги); railway-line (железные дороги); vegetation-polygon (растительность); water-line (гидросеть); water-polygon (озера, крупные реки); poi-polygon (объекты интереса); landuse-polygon (землепользование). В качестве тематической информации при выполнении исследований использовались материалы генеральных планов пилотных городов (масштабы 1:5 000, 1:10 000), фондовые материалы профильных отделов городских администраций, фондовые и опубликованные статистические данные, фондовые отчеты по НИР, открытые данные сети Internet.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для создания ГИС-проектов по индикаторам «городские территории нового освоения», «застроенные территории» и «озелененные территории» были использованы материалы генеральных планов пилотных городов. Информация в растровом виде была геопривязана к векторным данным проекта OpenStreetMap. В последующем осуществлялась ее оцифровка. Были сформированы следующие векторные слои полигональной геометрии, послужившие основой формирования отдельных ГИС-проектов и карт:

- застроенные территории. В атрибутах отдельно кодировались многоквартирная высокоплотная застройка, многоквартирная среднеплотная застройка, частный сектор, дачная застройка, общественная застройка, промышленная застройка, специальная застройка, земли транспорта;

- озелененные территории;

- городские территории нового освоения. В атрибутах отдельно кодировались многоквартирная высокоплотная застройка, многоквартирная среднеплотная застройка, частный сектор, общественная застройка, промышленная застройка, земли транспорта, озелененные территории (рис. 1).

При формировании ГИС-проектов по индикатору «распределение населения по территории города» привлекались данные (в табличном виде) о количестве жителей в каждом жилом здании пилотного города. Для внедрения их в среду ГИС применялись операции геокодирования. Каждое здание и сооружение слоя OpenStreetMap «building-polygon (здания)» было конвертировано в точку. Затем производилась выборка точек, принадлежащих только жилым зданиям (в качестве оверлея был использован слой «застроенные территории»). В рамках отдельных атрибутов слоя с точками жилых зданий формировались элементы адреса (город, улица, дом, корпус), производилась настройка локатора адресов. Далее с помощью операций геокодирования информация из таблиц о количестве жителей в каждом жилом здании путем адресного сопоставления перемещалась в таблицу атрибутов слоя с точками жилых зданий.

Следующим этапом ГИС-анализа по расчету индикатора «распределение населения по территории города» являлось создание сетки квадратов 250×250 м. В каждом квадрате производилось суммирование количества жителей на основании данных слоя с точками жилых зданий. Суммарный показатель пересчитывался на площадь в 1 га. Итогом картографирования послужили ГИС-проекты и карты распределения населения по территории каждого пилотного города (рис. 2).

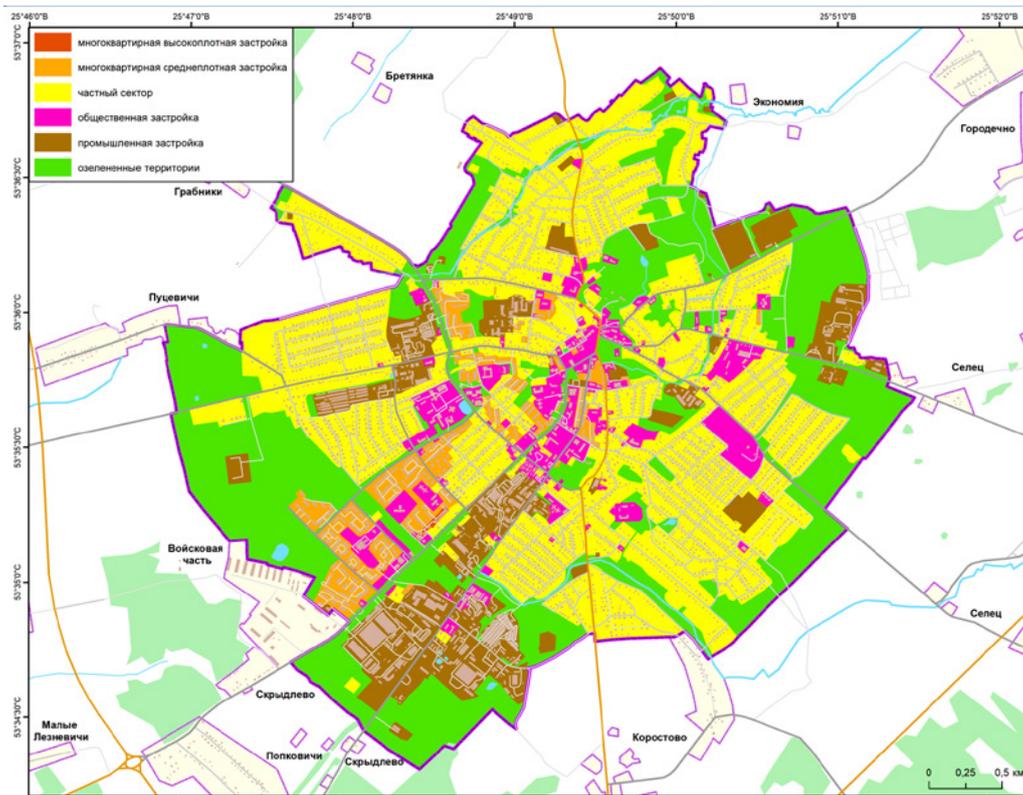


Рис. 1. Застроенные и озелененные территории г. Новогрудок  
 Fig. 1. Built-up and landscaped territories of Navahrudak

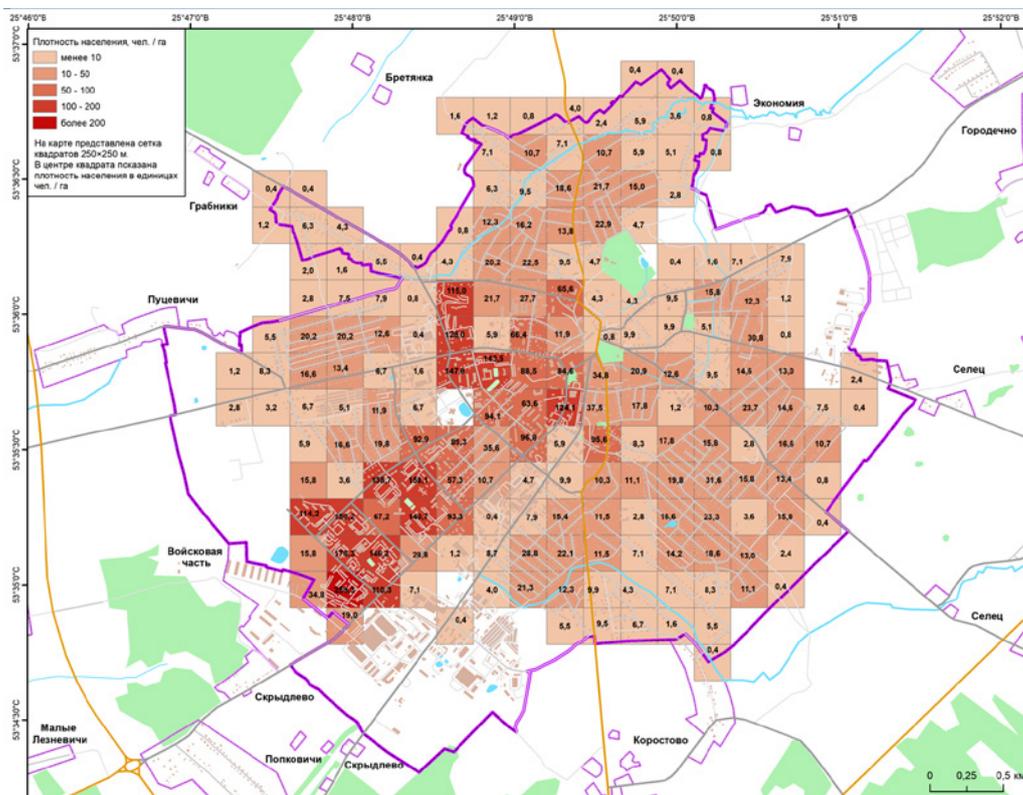


Рис. 2. Распределение населения по территории г. Новогрудок  
 Fig. 2. Population distribution by the territory of Navahrudak

Для создания ГИС-проектов по индикаторам «территории охраны историко-культурного наследия» (рис. 3) и «природоохранные зоны» были использованы геопривязанные растровые данные генеральных планов пилотных городов. Путем оцифровки данных созданы следующие векторные слои, послужившие основой формирования ГИС-проектов и карт по данным индикаторам:

- охранная зона территории исторического центра;
- зоны охраны объектов историко-культурного наследия;
- зоны регулирования застройки;
- водоохранные зоны водных объектов;
- прибрежные полосы водных объектов;
- зоны санитарной охраны водозаборов.

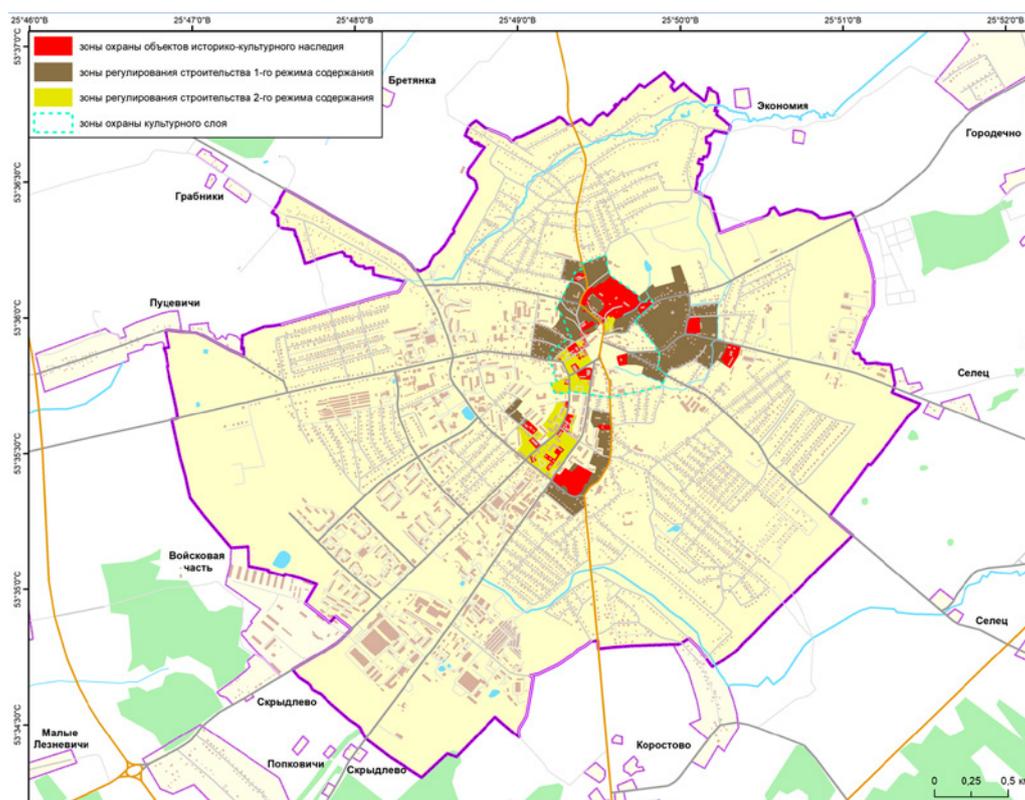


Рис. 3. Территории охраны историко-культурного наследия г. Новогрудок  
Fig. 3. Territories of protection of historical and cultural of Navahrudak

При формировании ГИС-проектов по индикаторам «рекреационные объекты», «здания, подлежащие капитальному ремонту», «учреждения образования», «учреждения культуры», «территории, подверженные климатическим угрозам и (или) стихийным бедствиям» использовалась информация в виде текстового или табличного описания, зачастую привязанная к конкретному адресу. Используя пространственную основу OpenStreetMap, данная информация в виде отдельных векторных слоев была внесена в базу геоданных, созданы отдельные ГИС-проекты и карты.

Аналогично предыдущим индикаторам был сформирован слой объектов медицинского обслуживания населения. С помощью операции геоинформационного анализа «буфер» был построен слой 500-метровой зоны доступности к базовым медицинским услугам, который с помощью оверлейных операций и опций редактирования был откорректирован согласно градостроительным порогам (улично-дорожная сеть, водные объекты, озелененные территории, границы кварталов застройки).

Для создания ГИС-проектов по индикаторам «озелененные территории площадью более 0,2 га, 300-метровая зона доступности озелененных территорий», «озелененные территории площадью более 0,2 га, 500-метровая зона доступности озелененных территорий» с помощью функций выборки в геоинформационной среде из слоя «озелененные территории» были выбраны объекты, удовлетворяющие обозначенному цензу по площади. Используя функции анализа близости («буфер»), построены слои 300 и 500-метровой доступности озелененных территорий. Произведена их корректировка согласно градостроительным порогам, оформлены отдельные ГИС-проекты и карты.

При формировании ГИС-проектов по индикаторам «остановки общественного транспорта, 300-метровая зона доступности общественного транспорта» (рис. 4), «остановки общественного транспорта, 500-метровая зона доступности общественного транспорта», «веломаршруты, 400-метровая зона доступности веломаршрутов» (рис. 5) и «велопарковки» были использованы данные НИР научно-исследовательского центра дорожного движения БНТУ, ООО «Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры» (Россия, Санкт-Петербург), а также открытые данные в среде Internet. Используя пространственную основу OpenStreetMap, информация в виде карты, текстового или табличного описания, привязанная к конкретному адресу, была внесена в базу геоданных, созданы слои остановок общественного транспорта, веломаршрутов и велопарковок. С помощью функций анализа близости («буфер») в ГИС-среде сформированы слои доступности остановок и веломаршрутов. Выполнена их корректировка согласно градостроительным порогам, оформлены отдельные ГИС-проекты и карты.

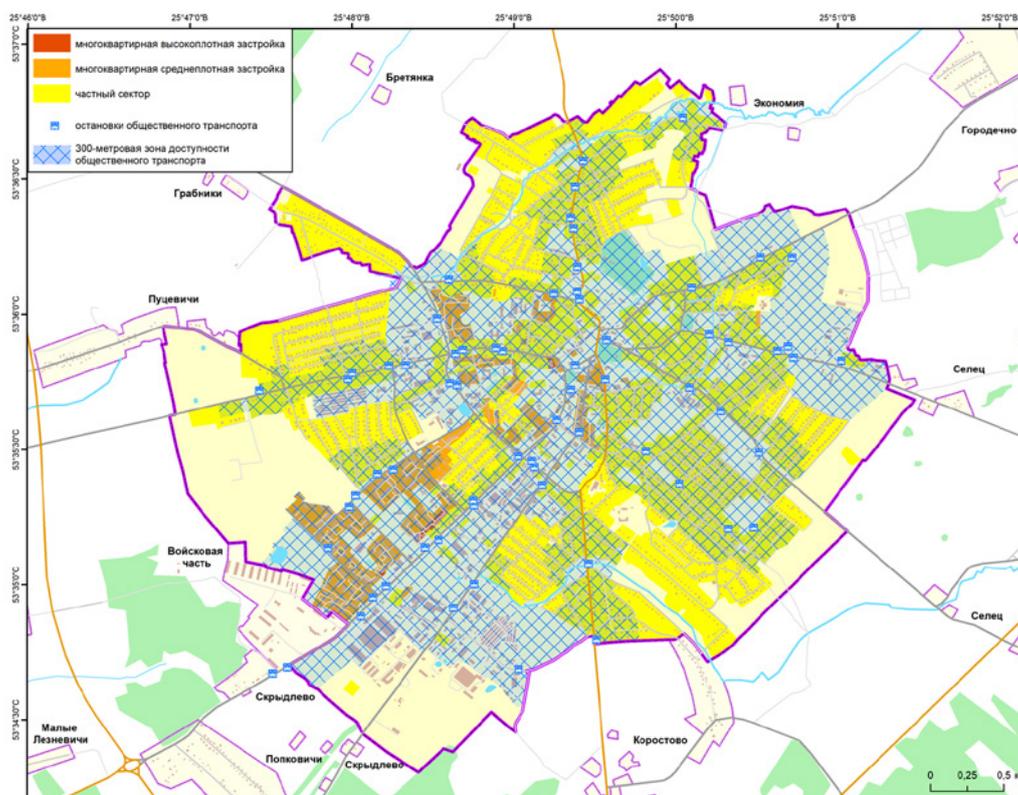


Рис. 4. Остановки общественного транспорта, 300-метровая зона доступности общественного транспорта г. Новогрудок  
 Fig. 4. Public transport stops, 300-meter public transport accessibility zone in Navahrudak

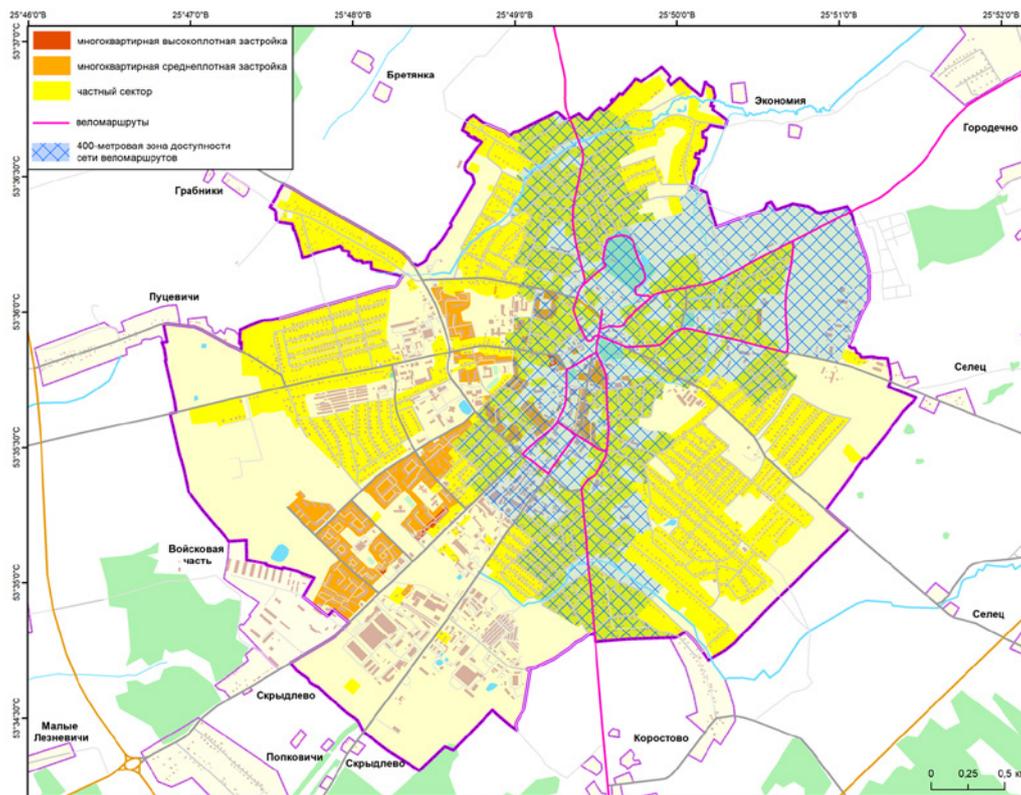


Рис. 5. Веломаршруты, 400-метровая зона доступности веломаршрутов в г. Новогрудок  
Fig. 5. Bike routes, 400-meter access area for bike routes in Navahrudak

Используя картометрические функции ГИС, рассчитаны следующие статистические показатели:

- площадь городских территорий нового освоения;
- площадь озелененных территорий;
- площади застроенных территорий, количество проживающего населения;
- площадь рекреационных объектов;
- площадь территорий охраны историко-культурного наследия;
- площадь природоохранных зон;
- количество проживающего населения в зданиях, подлежащих капитальному ремонту;
- количество проживающего населения в 500-метровой зоне доступности к базовым медицинским услугам;
- количество проживающего населения в 300-метровой зоне доступности озелененных территорий;
- количество проживающего населения в 500-метровой зоне доступности озелененных территорий;
- количество проживающего населения в 300-метровой зоне доступности общественного транспорта;
- количество проживающего населения в 500-метровой зоне доступности общественного транспорта;
- количество проживающего населения в 300-метровой зоне доступности веломаршрутов;
- протяженности сети веломаршрутов;
- плотность улично-дорожной сети;
- плотность перекрестков улично-дорожной сети.

Для создания ГИС-проектов по историко-культурным объектам и инфраструктуре обслуживания туризма были использованы открытые данные среды Internet в виде карт, текстового или табличного описания, привязанного к конкретному адресу. Используя пространственную основу OpenStreetMap, данная информация в виде отдельных векторных слоев была внесена в базу геоданных, созданы отдельные ГИС-проекты и карты.

При формировании ГИС-проектов по распределению потребителей энергоресурсов по территории города и распределению источников выбросов CO<sub>2</sub> по территории города была использована статистическая информация, имеющая конкретное местоположение (потребитель или источник). На основании данных OpenStreetMap данная информация в виде отдельных векторных слоев была внесена в базу геоданных, в атрибуты добавлена количественная информация по каждому объекту, созданы отдельные ГИС-проекты и карты (рис. 6). При символизации слоев использован метод градуированного символа.

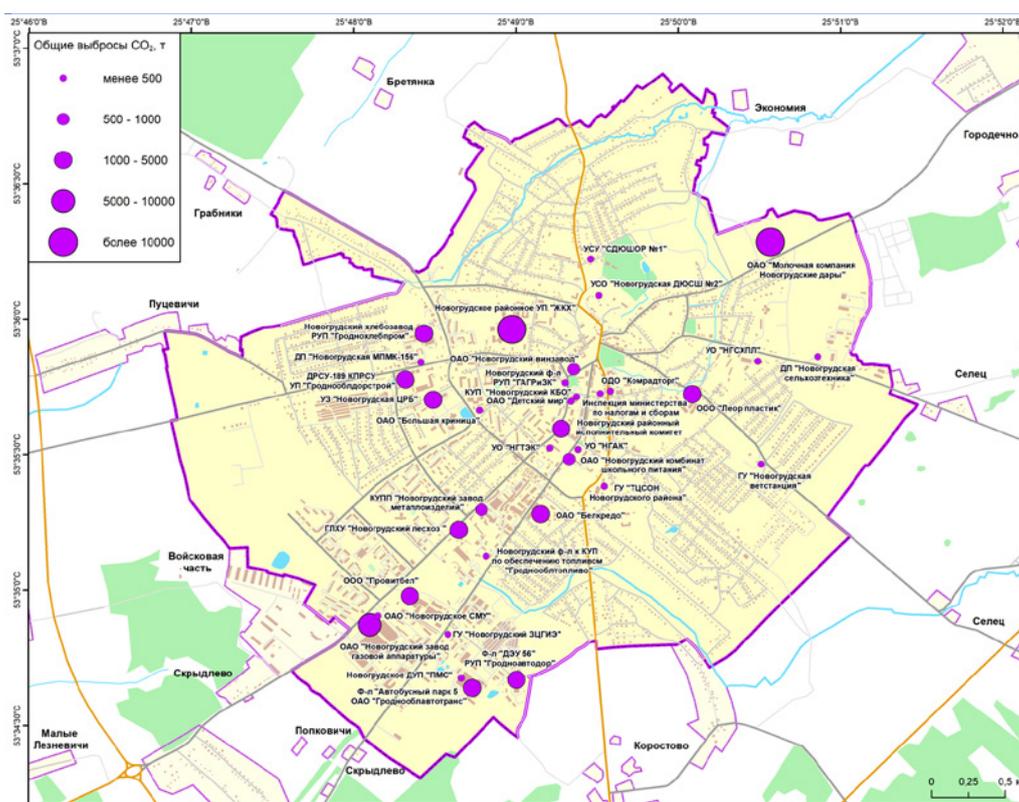


Рис. 6. Распределение источников выбросов CO<sub>2</sub> по территории г. Новогрудок  
Fig. 6. Distribution of sources of CO<sub>2</sub> emissions by territory of Navahrudak

При разработке ГИС-проектов по картографо-геоинформационному обеспечению стратегии развития каждого пилотного города использованы опции создания и редактирования векторных объектов, опции символизации и надписывания данных (рис. 7).

Следует отметить, что проект «Зеленые города» одним из первых в Республике Беларусь использует информационные системы для показа пространства не только в интересах властей, но и общества, когда жители могут как присоединиться к разработке геоинформационных материалов, так и получить определенные бонусы в виде доступа к открытым веб-картам. А владение такой информацией позволяет активно и осмысленно участвовать в развитии своего города. Информация тематических слоев по индикаторам городского развития, разработанная в инструментальных ГИС, послужила основой создания в некоммерческом вьювере

ArcGIS Online серии веб-карт, которые в настоящее время вынесены на обсуждение жителями ключевых городов [Курлович и др., 2021].

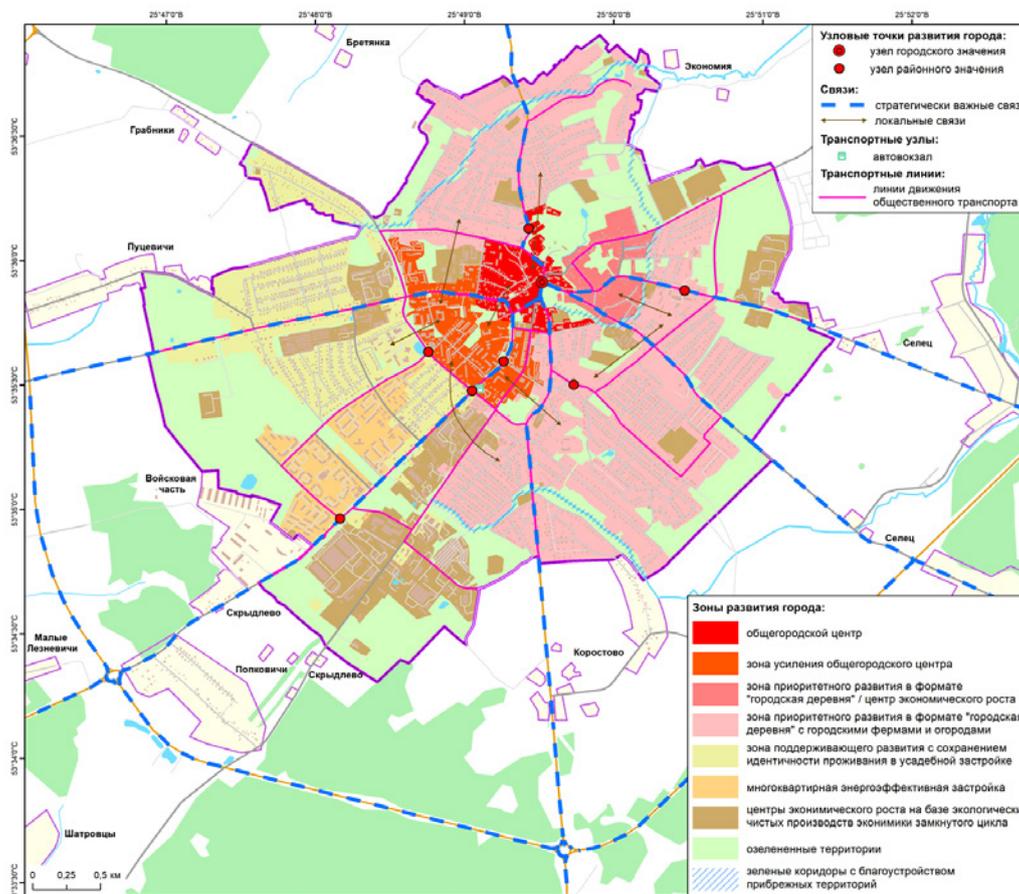


Рис. 7. Пример картографического оформления элементов стратегии развития г. Новогрудок

Fig. 7. Example of mapping of elements of Navahrudak development strategy

Подготовленные в рамках проекта «Зеленые города» картографические материалы можно дорабатывать и использовать для работы администрациям городов, а также для информирования населения о состоянии города и принимаемых решениях.

На текущем этапе работы над проектом происходит формирование базы данных и шаблона для обновления карт. Изменения в карты должны будут вносить специалисты, поэтому доступ к изменению картографических материалов будут иметь только сотрудники администрации городов и подведомственных организаций.

Разработанные карты, как минимум, представляют интерес для жителей города, так как можно зайти в интернет и посмотреть веб-карту, рассмотреть свой микрорайон, как он развивается, какое место занимает в структуре города, какие у него достоинства и недостатки. Такая информация важна также и для экспертов, которые работают в сфере градостроительства, экологии, бизнеса.

В целом для города, для поддержки непрерывного устойчивого развития необходимо новое качество решений на основе широкого применения информационных технологий, которые обеспечивают экономичное и экологическое использование систем городского хозяйства. ГИС является одной из технологий практического применения концепции «Умного Города».

## ВЫВОДЫ

Рассмотренные вопросы картографо-геоинформационного обеспечения разработки планов зеленого градостроительства в Республике Беларусь позволяют сделать следующие выводы.

Важной составляющей при формировании планов зеленого градостроительства является оперирование пространственными данными в среде географических информационных систем.

Для трех пилотных городов (Новогрудок, Полоцк и Новополоцк) проекта ПРООН «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси (Зеленые города)» в среде ГИС ArcGIS, QGIS была разработана методика и осуществлено картографирование ряда индикаторов зеленого города, характеризующих состояние жилищного фонда, качество застройки, плотности населения, расположение зеленых территорий, доступность остановок общественного транспорта и других объектов городской инфраструктуры, включая инфраструктуру обслуживания туризма и распределение потребителей энергоресурсов и источников выбросов CO<sub>2</sub>.

По результатам сопряженного ГИС-анализа полученных слоев индикаторов профиля зеленого города было выполнено картографирование элементов стратегии развития ключевых городов проекта, которая позволит улучшить состояние сине-зеленой инфраструктуры.

Информация тематических слоев по индикаторам городского развития послужила основой создания в некоммерческом вьювере ArcGIS Online серии веб-карт, которые в настоящее время вынесены на обсуждение жителями ключевых городов.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках проекта «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси (Зеленые города)» программы развития Организации Объединенных Наций.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the project "Supporting Green Urban Development in Small and Medium-Sized Cities in Belarus" of the United Nations Development Programme.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Душкова Д.О., Кириллов С.Н. Зеленая инфраструктура города: опыт Германии. Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. Сер. 3. Экон. Экол. 2016. № 2 (35). С. 136–147.
2. Курлович Д.М., Усова И.П., Сысоева В.А. Разработка веб-карт индикаторов профиля зеленого города. Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI веках. Минск: БГУ, 2021. С. 652–655.
3. Ощепкова А.З., Столбов В.А. Экологическая инфраструктура: реальность, требующая осмысления. Проблемы и перспективы географических исследований. Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2001. С. 70–84.
4. Потаев Г.А., Сысоева В.А. Современное состояние и перспективы развития «зеленого» градостроительства в Республике Беларусь. Архитектура, 2018. Вып. 11. С. 116–123.
5. Сысоева В.А. Подходы к планированию, проектированию и нормативному регулированию «зеленых» городов. Архитектура, 2019. Вып. 12. С. 93–100.
6. Ali M.A., Alawadi K., Khanal A. The Role of Green Infrastructure in Enhancing Microclimate Conditions: A Case Study of a Low-Rise Neighborhood in Abu Dhabi. Sustainability, 2021. V. 13 (8). P. 1–24.

7. *Baycan-Levent T., Nijkamp P.* Planning and management of urban green spaces in Europe: Comparative analysis. *Journal of Urban Planning and Development*. 2009. V. 135 (1). P. 1–2.
8. *Benedict M.A., McMahon E.T.* Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable resources journal*. 2002. V. 20 (3). P. 12–17.
9. *Cameron R.W., Blanuša T., Taylor J.E., Salisbury A., Halstead A.J., Henricot B., Thompson K.* The domestic garden—Its contribution to urban green infrastructure. *Urban forestry & urban greening*, 2012. V. 11 (2). P. 129–37.
10. *Foster J., Lowe A., Winkelman S.* The value of green infrastructure for urban climate adaptation. Center for Clean Air Policy. 2011. V. 750. 52 p.
11. *M’ikiugu M.M., Qianna W., Kinoshita I.* Green Infrastructure Gauge: A tool for evaluating green infrastructure inclusion in existing and future urban. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2011. V. 68. P. 815–825.
12. *Pauleit S., Ambrose-Oji B., Andersson E., Anton B., Buijs A., Haase D., Elands B., Hansen R., Kowarik I., Kronenberg J., Mattijssen T.* Advancing urban green infrastructure in Europe: Outcomes and reflections from the GREEN SURGE project. *Urban forestry & urban greening*. 2019. V. 40. P. 4–16.
13. *Pauleit S., Vasquez A., Maruthaveeran S., Liu L., Cilliers S.S.* Urban green infrastructure in the Global South. *Urban ecology in the Global South*. Springer, Cham, 2021. P. 107–143.
14. *Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kazmierczak A., Niemela J., James P.* Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and urban planning*. 2007. V. 81 (3). P. 167–78.
15. *Wang X.J.* Analysis of problems in urban green space system planning in China. *Journal of forestry Research*. 2009. V. 20 (1). P. 79–82.
16. *Wright H.* Understanding green infrastructure: the development of a contested concept in England. *Local Environment*. 2011. V. 16. No. 10. P. 1003–1019.

## REFERENCES

1. *Ali M.A., Alawadi K., Khanal A.* The Role of Green Infrastructure in Enhancing Microclimate Conditions: A Case Study of a Low-Rise Neighborhood in Abu Dhabi. *Sustainability*, 2021. V. 13 (8). P. 1–24.
2. *Baycan-Levent T., Nijkamp P.* Planning and management of urban green spaces in Europe: Comparative analysis. *Journal of Urban Planning and Development*. 2009. V. 135 (1). P. 1–2.
3. *Benedict M.A., McMahon E.T.* Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable resources journal*. 2002. V. 20 (3). P. 12–17.
4. *Cameron R.W., Blanuša T., Taylor J.E., Salisbury A., Halstead A.J., Henricot B., Thompson K.* The domestic garden—Its contribution to urban green infrastructure. *Urban forestry & urban greening*. 2012. V. 11 (2). P. 129–37.
5. *Dushkova D.O., Kirillov S.N.* Urban green infrastructure: German experience. *Bulletin of Volgograd State University. Series 3. Economics*. 2016. V. 2 (35). P. 136–147. (in Russian).
6. *Foster J., Lowe A., Winkelman S.* The value of green infrastructure for urban climate adaptation. Center for Clean Air Policy. 2011. V. 750. 52 p.
7. *Kurlovich D.M., Usava I.P., Sysoyeva V.A.* Creation of web-maps of green city profile indicators. Minsk: BSU, 2021. P. 652–655. (in Russian).
8. *M’ikiugu M.M., Qianna W., Kinoshita I.* Green Infrastructure Gauge: A tool for evaluating green infrastructure inclusion in existing and future urban. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2011. V. 68. P. 815–825.
9. *Oshchepkova A.Z., Stolbov V.A.* Ecological infrastructure: a reality that requires reflection. Challenges and perspectives of geographical studies. Perm: Perm State University Publishing House, 2001. P. 70–84. (in Russian).

10. *Pauleit S., Ambrose-Oji B., Andersson E., Anton B., Buijs A., Haase D., Elands B., Hansen R., Kowarik I., Kronenberg J., Mattijssen T.* Advancing urban green infrastructure in Europe: Outcomes and reflections from the GREEN SURGE project. *Urban forestry & urban greening*. 2019. V. 40. P. 4–16.
  11. *Pauleit S., Vasquéz A., Maruthaveeran S., Liu L., Cilliers S.S.* Urban green infrastructure in the Global South. *Urban ecology in the Global South*. Springer, Cham, 2021. P. 107–143.
  12. *Potaev G.A., Sysoyeva V.A.* The current state and prospects for the development of “green” urban planning in the Republic of Belarus. *Architecture*. 2018. Iss. 11. P. 116–123. (in Russian).
  13. *Sysoyeva V.A.* Approaches to the planning, design and regulatory regulation of “green” cities. *Architecture*. 2019. Iss. 12. P. 93–100. (in Russian).
  14. *Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kaźmierczak A., Niemela J., James P.* Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and urban planning*. 2007. V. 81 (3). P. 167–78.
  15. *Wang X.J.* Analysis of problems in urban green space system planning in China. *Journal of forestry Research*, 2009. V. 20 (1). P. 79–82.
  16. *Wright H.* Understanding green infrastructure: the development of a contested concept in England. *Local Environment*. 2011. V. 16. No. 10. P. 1003–1019.
-