

mation of the environment of settlements. The importance of the objects of landscape art in creating the architectural appearance of the settlements of the region under consideration is revealed. Examples of landscape architecture in the steppe and coastal regions of Kuban from the point of view of natural historical values are given separately. The fundamental role of green areas in the formation of an expressive environment of settlements is noted. Attention is focused on the architectural solutions of entrance groups in parks, squares, as well as city and district gardens. Of considerable interest is the unique, special quality

organization of the landscape space of private plots of mansions and suburban dachas. The continuity of national traditions in the arrangement of green zones is determined from the point of view of the formation of a comfortable environment for life and activity.

Keywords: landscape architecture, park, object, value, composition, structure, living environment, Kuban, settlement.

*Поступила в редакцию 15.01.2023 г.*

УДК 711.01

## МЕТОД ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЕННОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

**Сысоева В. А.**

доцент, кандидат архитектуры, доцент кафедры «Градостроительство»  
Белорусский национальный технический университет

**Семенюк А. С.**

кандидат географических наук, доцент кафедры почвоведения и геоинформационных систем  
Белорусский государственный университет

*В статье изложен метод пространственного анализа с применением программного комплекса ArcGIS на предмет реализации принципов зеленого градостроительства касательно природно-экологического каркаса и доступности ключевых объектов тяготения в городах Беларуси.*

*Ключевые слова: доступность, принципы зеленого градостроительства, природно-экологический каркас, пространственный анализ.*

**Введение.** Одна из базовых потребностей горожан XXI в. – безопасная и комфортная среда проживания, на формирование которой, вне зависимости от размеров и стартового потенциала населенного пункта, нацелено зеленое градостроительство. Это современный тренд планирования городского развития с акцентом на экологичность и эффективность городской среды, адаптацию к объективным климатическим изменениям, снижение негативного антропогенного воздействия на природу. Мероприятия по планированию устойчивого городского развития принимают все более децентрализованный характер, отличающийся комплексным подходом [1] и следованием принципам зеленого градостроительства, таким как, например, сбалансированное функциональное зонирование с развитием системы общественных пространств и обеспечением сокращения потребностей в поезд-

ках; усиление полицентризма городской структуры, оптимизация связей; поддержание высокой биологической активности почв, сохранение биоразнообразия за счет формирования водно-зеленой инфраструктуры и др. [2].

Соответственно, для планирования развития белорусских городов согласно принципам зеленого градостроительства необходимо выполнять исследования, объединяющие целый комплекс аспектов [1]. Как правило, при экологических исследованиях урбанизированных территорий анализируется уровень загрязнения окружающей среды от стационарных и мобильных источников [3; 4], заболеваемость городского населения [5], качество зеленых зон [6]. Анализ экономических аспектов охватывает изучение причин кризисных явлений в экономике, путей корректировки и изменения специализации производств в новых условиях для сохранения рабочих мест [7]. При социальных исследованиях городов основной акцент делается на анализе обеспеченности населения социальной, инженерной и транспортной инфраструктурой [8], а также индивидуального восприятия качества жизни с точки зрения обобщенного горожанина [9]. Градостроительные исследования выявляют

## РАЗДЕЛ 1

### ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ

проблемные ситуации [10], системно анализируют объект на разных масштабных уровнях и фиксируют особенности городской планировочной структуры [11], оценивают эффективность землепользования [12], визуально-эстетические, историко-культурные характеристики сложившейся городской среды [13].

Сложность структуры и функционирования города подразумевает комплексный учет всех данных для того, чтобы созданная модель объекта исследования в наибольшей степени отражала его характерные свойства.

Выполняемое на кафедре «Градостроительство» БНТУ научное исследование специфических градостроительных решений по сокращению выбросов парниковых газов, климатической митигации и адаптации в городах опирается на новый метод пространственного анализа, базирующийся на возможностях программного комплекса ArcGIS и методических разработках проекта ПРООН-ГЭФ-Минприроды «Зеленые города» [14].

*Основная часть.* Приведем суть метода пространственного анализа на примере исследования белорусских городов – Пинск, Волковыск и Городок. Пинск с населением 125 тыс. человек является большим многофункциональным городом с развитой производственной, социальной и транспортной инфраструктурой, который в системе расселения определен как центр регионального значения. Волковыск с населением 42,4 тыс. человек является средним городом с развитой промышленностью, а также крупным железнодорожным узлом. Городок с населением 11,6 тыс. человек является типичным малым городом, центром местной системы расселения. Все три города приняли обязательства Соглашения мэров по климату и энергии, поэтому климатически «ответственную» информацию можно было получить из имеющихся планов действий по устойчивому энергетическому развитию. Города находятся в различных климатических зонах, с перспективой их смещения на одну зону и более (табл. 1).

В качестве исходных материалов для исследования были взяты находящиеся в открытом доступе векторные слои OpenStreetMap, а также загруженные с помощью программы SAS. Планета космические снимки летнего

периода с сопоставимым пространственным разрешением.

Первой задачей исследования стало выделение озелененных территорий. Для этого в программном комплексе ArcGIS на геопривязанных снимках городов были определены эталоны, отражающие основные элементы структуры фотоизображения: древесно-кустарниковая растительность, сельскохозяйственные земли и газоны, водные поверхности, асфальтобетонные и битумные покрытия (проезжие части улиц и площадей, тротуары, шиферные и битумные кровли зданий), металлочерепичные кровли, песчаные и гравийные поверхности. Затем были получены классифицированные растровые изображения урбанизированных территорий. Классы древесно-кустарниковой растительности, сельскохозяйственных земель и газонов были объединены в отдельные растры озелененных территорий. После конвертации в векторные объекты и извлечения слоев зданий и сооружений были получены откорректированные векторные слои озелененных территорий для трех рассматриваемых городов.

Для создания карт природно-экологического каркаса из векторных слоев OpenStreetMap были выделены в качестве отдельных слоев леса, а также городские парки и скверы (рис. 1, см. цветную вкладку). Для анализа уровня озелененности городов для каждого из них были вычислены площадь парков и скверов и общая площадь природно-экологического каркаса (озелененных территорий) (табл. 2).

Анализ карт и таблицы показывает, что наиболее обширный природно-экологический каркас имеет малый город Городок. Этому способствуют как пересекающая город с севера на запад река Горожанка, долина которой в значительной степени покрыта древесно-кустарниковой растительностью и выступает естественным экологическим коридором, так и высокая доля жилой усадебной застройки.

Довольно высокую степень сформированности имеет природно-экологический каркас среднего города Волковыска. Основные экологические коридоры проходят здесь с юга на север (вдоль реки Росси) и с востока на запад (вдоль реки Волковыи), од-



Рис. I. Социально-градостроительное районирование г. Орши и г. Барань



Рис. III. Анализ комплексности жилой среды в кадастровом районе I (Орша – Барань)

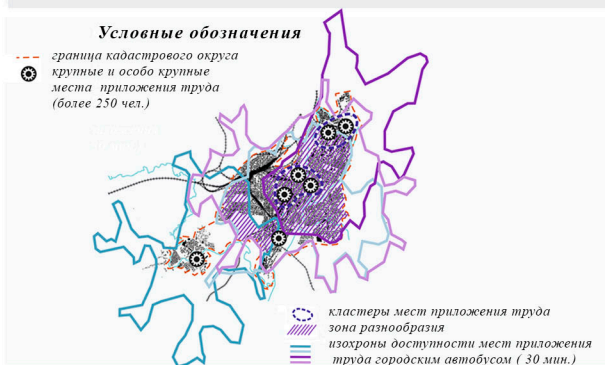


Рис. II. Анализ разнообразия мест приложения труда



Рис. IV. Анализ социальной эффективности квартала

## Вашкевич В. В. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

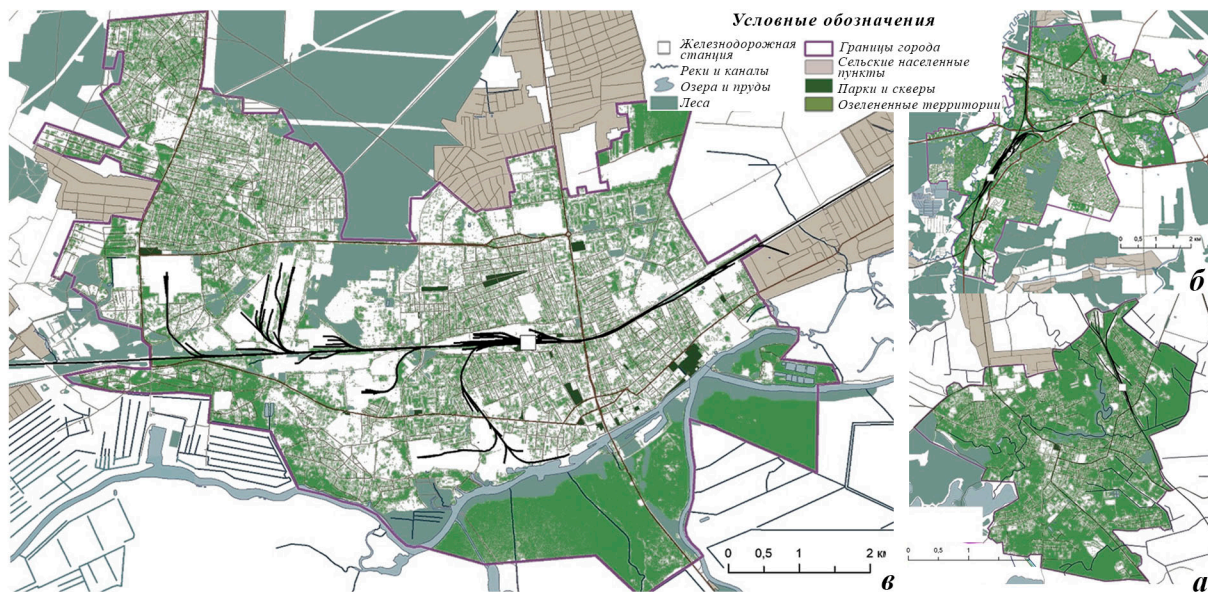


Рис. I. Карты природно-экологического каркаса городов: а – Городок, б – Волковыск, в – Пинск

## Сысоева В. А, Семенюк А. С. МЕТОД ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЕННОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Таблица 1. Характеристики белорусских городов-объектов детального анализа

Квалификационные критерии		Волковыск	Городок	Пинск
структурно-планировочные	роль в системе расселения	административный центр района	административный центр района	межрайонный центр, город областного подчинения
	Величина (население, тыс. чел.)	средний 43,9	малый 11,8	большой 125,6
	планировочная структура	один центр, ж/д пути в качестве преград	два центра, градостроительные барьеры – овраги и река	один исторический центр, сохранение границ существующей городской черты
	природно-экологический каркас	занимает 41–71 % городских территорий, частично сформированный, дефицит разнообразия элементов, неудовлетворительная доступность, обеспеченность озелененными территориями общего пользования – 4,8-7,2 кв. м/чел.		
	разнообразие землепользования	преобладают территории монофункционального использования		
климатические	климатическая зона	2–5	1–4	3–6
	плотность населения (чел./кв.км)	3 680	1 402	2 893
	кол-во и структура отходов (т в год/ на 1 жит.)	6,48	0,93	1,34
	уровень автомобилизации (авто/1 000 жит.)	300	130	330
	источники и объемы энергопотребления (Мвт/ч на 1 жит.)	5,06	3,6	3,26
	объемы водопотребления (м <sup>3</sup> в сутки на 1 жит.)	0,376	0,2	0,19
	Выбросы CO <sub>2</sub> на душу населения (т/год)	0,18	0,10	0,03
Подписант Соглашения мэров		2017 г.	2017 г.	2018 г.

Таблица 2. Площадь природно-экологического каркаса

Город	Площадь города, км <sup>2</sup>	Площадь природно-экологического каркаса		Площадь парков и скверов	
		км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%
Волковыск	29,0	15,9	54,8	0,040	0,1
Городок	12,8	9,1	71,1	0,007	0,1
Пинск	47,4	19,7	41,6	0,360	0,8

нако, в отличие от Городка, долины рек пересекаются крупными автомагистралями и железнодорожными линиями. Большой город Пинск характеризуется неразвитым природно-экологическим каркасом. Ввиду особенностей начертания речной сети (Припять и ее приток Пина) основные экологические коридоры не пересекают Пинск насквозь, проходя по его южной периферии, а разбросанные по территории города отдельные парки и лесные массивы не формируют единой каркасной структуры. Вместе с тем, площадь благоустроенных озелененных территорий общего пользования в Пи-

нске составляет немногим менее 1 % территории города, что практически на порядок больше, чем в Городке и Волковыске.

Второй задачей исследования стало определение доступности основных объектов производственной, социальной и транспортной инфраструктуры. Для каждого города были определены и добавлены в базу геоданных главные места приложения труда (наиболее значимые промышленные предприятия), основные объекты обслуживания (крупные торговые центры, поликлиники, больницы, учреждения высшего и среднего специального образования, дома

## РАЗДЕЛ 1 ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ

культуры, спортивные и культовые объекты) и транспортные узлы (железнодорожные станции и автовокзалы). Поскольку зоны 15-минутной автомобильной и велосипедной доступности перечисленных точек тяготения полностью покрывают территории городов, было принято решение проанализировать покрытие городов зоной 15-минутной пешеходной доступности ключевых объектов инфраструктуры. Сначала векторный слой дорог был разбит в точках пересечения линий. Далее для каждого элементарного отрезка

улично-дорожной сети были рассчитаны длина в метрах и время в минутах, за которое пешеход преодолевает данное расстояние при средней скорости 4 км/ч. Из полученного слоя разбитой на элементарные отрезки улично-дорожной сети и слоя точек на пересечениях сети был создан набор сетевых данных. С применением модуля сетевого анализа «Network Analyst» были получены слои 15-минутной зоны пешеходной доступности основных точек тяготения (рис. 1).

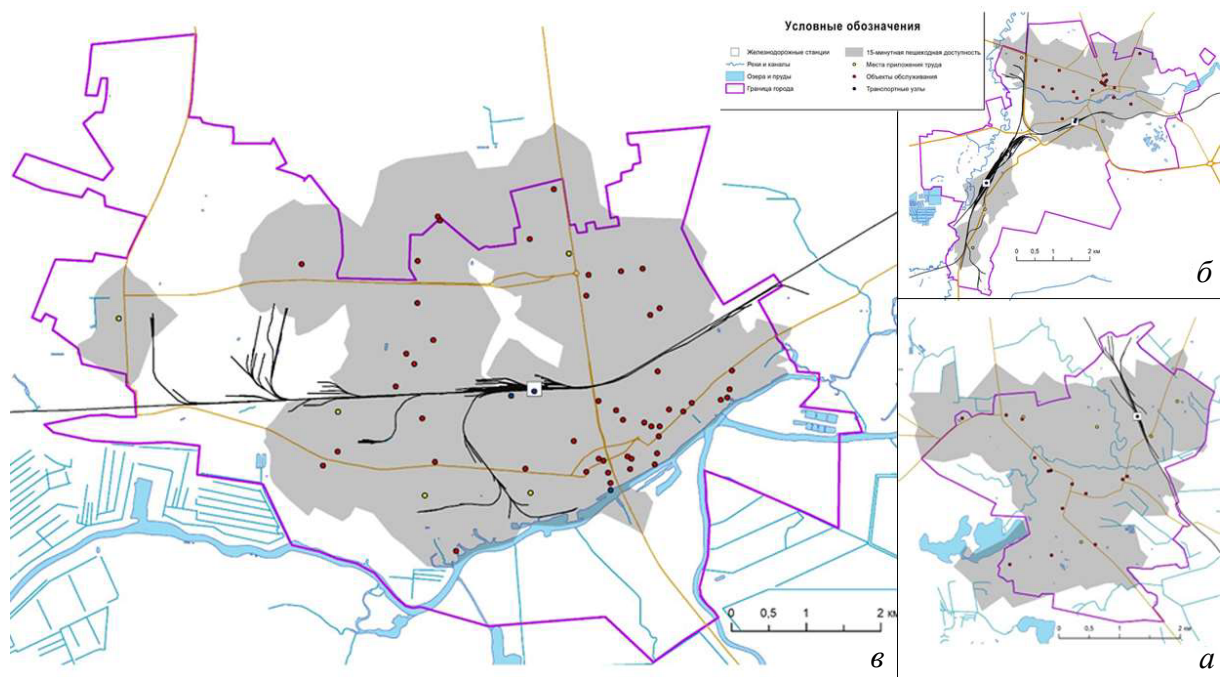


Рис. 1. Карты слоев 15-минутной зоны пешеходной доступности основных точек тяготения в городах: а – Городок; б – Волковыск; в – Пинск

Наилучшую доступность объектов тяготения имеет Городок. За счет компактной планировочной структуры и равномерного распределения объектов зона их пешеходной доступности покрывает 77,0 % территории города, в нее не входят только лишённые застройки окраинные части. Значительно ниже доступность объектов инфраструктуры в Пинске, 15-минутная зона их пешеходной доступности покрывает только 49,9 % территории города, что объясняется ее большими размерами и отсутствием объектов притяжения в периферийных частях, особенно на северо-западе. За пределами данной зоны остается не только незастроенная южная

территория города за мостом через Пину, но также значительная часть жилой усадебной и промышленной застройки на западе и даже отдельные многоквартирные дома в центре и на востоке. Еще более низкий процент покрытия территории города зоной пешеходной доступности объектов тяготения в Волковыске – 39,7 %. Это объясняется наличием градостроительных барьеров (железная дорога и река Россь с широкой заболоченной поймой) и высокой степенью изолированности разных районов города, а также расположением большинства объектов тяготения в северо-восточной части. За пределами данной зоны оказываются в основном участки жи-

лой усадебной и промышленной застройки, леса, сельскохозяйственные земли, а также включенные в состав города территории садоводческих товариществ.

**Заключение.** Разработанный метод анализа специфики пространственной организации белорусских городов, основанный на объективных картографических измерениях, дополнит уже имеющуюся информацию о городах новыми данными, релевантными для актуальных задач совершенствования городской структуры с учетом принципов зеленого градостроительства. Выполнение пространственного анализа по предлагаемой методике рекомендуется проводить перед новым этапом городского планирования, а также для мониторинга эффективности градостроительных мероприятий.

#### Литература:

1. Сысоева, В. А. Проектирование городских территорий на основе подходов «зеленого» планирования / В. А. Сысоева // Вопросы планировки и застройки городов: Материалы XXX междунауч.-практ. конф. (Электр. ресурс) / под общей ред. проф. Ю. В. Круглова, доц. И. А. Херувимовой. – Пенза: ПГУАС, 2017. – С. 58–65.

2. Сысоева, В. А. Пространственное развитие белорусских городов, основанное на принципах зеленого градостроительства / В. А. Сысоева // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития–2019: Материалы междунауч.-практ. конф. / отв. ред. А. Б. Храмов. – Тюмень: ТИУ, 2019. – С. 292–297.

3. Какарека, С. В. Особенности распределения содержания диоксида азота в атмосферном воздухе улично-дорожной сети г. Минска / С. В. Какарека, О. Ю. Круковская // Докл. Нац. акад. Наук Беларуси. – 2014. – № 4. – С. 96–101.

4. Овчарова, Е. П. Состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере городов Минской области) / Е. П. Овчарова, Е. В. Санин, О. В. Кадацкая // Природопользование: сб. науч. тр. – Минск, 2016. – Вып. 29. – С. 65–75.

5. Струков, Д. Р. Геостатистические методы при выявлении причинно-следственных связей между факторами и откликами на территории города / Д. Р. Струков, М. А. Мельник // Arc-Review. – 2012. – № 1. – С. 18–19.

6. Кравчук, Л. А. Оценка уровня организации системы озелененных территорий в крупных городах Беларуси / Л. А. Кравчук, Н. М. Баженова // Зеленая инфраструктура городской среды: современное состояние и перспективы развития: материалы междунауч.-практ. эколог. конф., Воронеж, 6–7 сент. 2017. – Москва, 2017. – С. 65–68.

7. Антипова, Е. Современный портрет белорусского монопрофильного города / Е. Антипова, А. Титов // Земля Беларуси. – 2017. – № 2. – С. 27–36.

8. Krūmiņš, J. Residential satisfaction and mobility behaviour among the young: insights from the post-Soviet city of Riga [Electronic resource] / J. Krūmiņš, G. Sechi, M. Bērziņš // Belgeo. – 2018. – № 3. – Mode of access : <https://journals.openedition.org/belgeo/28347>. Date of access : 07.11.2022.

9. Węziak-Białowolska, D. Quality of life in cities – Empirical evidence in comparative European perspective [Electronic resource] / D. Węziak-Białowolska // Cities. – 2016. – Volume 58. – P. 87–96. – Mode of access : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275116301330>. – Date of access : 11.11.2022.

10. Потаев, Г. А. Экологическая реновация городов / Г. А. Потаев. – Минск : БНТУ, 2009. – 173 с.

11. Крашенинников, А. В. Градостроительное развитие урбанизированных территорий [Электр. ресурс] : учебное пособие / А. В. Крашенинников. – 2-е изд. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 113 с. – 978-5-4487-0378-2. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79620.html>

12. Вашкевич, В. В. Современные методы анализа социально-экономической эффективности в градостроительстве / В. В. Вашкевич // Архитектура, градостроительство, дизайн в историческом и современном контексте [Электр. ресурс] : материалы Респ. науч.-практ. конф. (в рамках 74-й НТК ППС БНТУ) / отв. ред. Е. Е. Нитиевская. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 54–56.

13. Яргина, З. Н. Градостроительный анализ / З. Н. Яргина. – М. : Стройиздат, 1984. – 245 с.

14. Курлович, Д. М., Усова, И. П., Сысоева, В. А. // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунауч. конф. Т. 27. Ч. 1. – М.: Географический факультет МГУ, 2021. – С. 151–164.

#### METHOD OF SPATIAL ANALYSIS FOR PLANNING WITH RESPECT TO THE GREEN URBAN DEVELOPMENT PRINCIPLES

Sysoyeva V. A.

PhD, Associate Prof. Urban Planning Department, Belarusian National Technical University

Semianiuk A. S.

PhD, Associate Prof. Department of Soil Science and Geographic Information Systems, Belarusian State University

The paper describes the method of spatial analysis using the ArcGIS software package for the implementation of the principles of green urban development regarding the green urban framework and the accessibility of key infrastructure objects in the Belarusian cities.

Keywords: accessibility, green urban development principles, natural and ecological framework, spatial analysis.

Поступила в редакцию 15.01.2023