

## СРЕДОВЫЕ ФАКТОРЫ В АРХИТЕКТУРЕ

Научная статья



УДК/UDC 725.1:711.112:502:004.9(470.44-25)

DOI: 10.24412/1998-4839-2026-2-326-348

EDN: SHLWEL



CC BY-NC-SA 4.0

**Методика экологической оценки места проектирования для «зелёного» бизнес-центра (на примере Саратова)****Виктория Петровна Титаренко<sup>1</sup>, Елена Александровна Сухина<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ООО «МАЙД», Казань, Россия<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия<sup>1</sup>vika.titarenko.2000@mail.ru <sup>2</sup>arx-lena@yandex.ru

**Аннотация.** Статья описывает методику, в рамках которой экологические факторы, влияющие на размещение и формирование «зеленых» бизнес-центров в городе, оцениваются с помощью геоинформационных систем (ГИС). Проводится анализ экологических стандартов для территорий (BREEAM Communities, LEED Neighborhood Design, DGNB Urban Districts, GREEN ZOOM City), на основе которого выявлены ключевые экологические требования к земельному участку. Предложена система оценки природно-климатических, экологических и социально-экономических факторов для устойчивого проектирования «зеленых» бизнес-центров на основе ГИС QGIS с использованием дистанционного зондирования Земли (Sentinel-2), цифровых моделей рельефа (SRTM) и данных OpenStreetMap. Авторская методика апробирована на проекте экологического бизнес-центра для Саратова.

**Ключевые слова:** «зелёный» бизнес-центр, ГИС-технологии, системы экологической оценки территории, экологические стандарты, устойчивое строительство, городская среда, природно-климатические условия, экологические и социально-экономические факторы

**Для цитирования:** Титаренко В.П. Методика экологической оценки места проектирования для «зелёного» бизнес-центра (на примере Саратова) / В.П. Титаренко, Е.А. Сухина // Architecture and Modern Information Technologies. 2026. № 2(75). С. 326-348. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2026/2kvart26/PDF/21\\_titarenko.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2026/2kvart26/PDF/21_titarenko.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2026-2-326-348 EDN: SHLWEL

## ENVIRONMENTAL FACTORS IN ARCHITECTURE

Original article

**Methodology for environmental assessment of the design site for a green business center (using Saratov as an example)****Victoria P. Titarenko<sup>1</sup>, Elena A. Sukhinina<sup>2</sup>**<sup>1</sup>LLC «MAID», Kazan, Russia<sup>2</sup>Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia<sup>1</sup>vika.titarenko.2000@mail.ru <sup>2</sup>arx-lena@yandex.ru

**Abstract.** The methodology described in this article assesses environmental factors influencing the placement and design of green business centers in the city, using geographic information systems (GIS). An analysis of environmental standards for territories (BREEAM Communities, LEED Neighborhood Design, DGNB Urban Districts, GREEN ZOOM City) is conducted. Key

<sup>1,2</sup> © Титаренко В.П., Сухина Е.А., 2026

environmental requirements for the land plot are identified. A system for assessing natural, climatic, environmental, and socioeconomic factors for the sustainable design of green business centers is proposed, based on QGIS GIS, using remote sensing of the Earth (Sentinel-2), digital elevation models (SRTM), and OpenStreetMap data. The author's methodology was tested on a project for an environmentally friendly business center in Saratov.

**Keywords:** green business center, GIS technologies, environmental assessment systems, environmental standards, sustainable construction, urban environment, natural and climatic conditions, environmental and socioeconomic factors

**For citation:** Titarenko V.P., Sukhinina E.A. Methodology for environmental assessment of the design site for a green business center (using Saratov as an example). Architecture and Modern Information Technologies, 2026, no. 2(75), pp. 326-348. Available at:

[https://marhi.ru/AMIT/2026/2kvart26/PDF/21\\_titarenko.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2026/2kvart26/PDF/21_titarenko.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2026-2-326-348 EDN: SHLWEL

## Введение

В условиях повышенной урбанизации особое значение приобретает коммерческая недвижимость, в частности строительство крупных бизнес-центров. С одной стороны, возведение новых офисных объектов способствует экономическому развитию города, создает рабочие места и формирует точки притяжения инвестиций. С другой стороны, это приводит к увеличению транспортной нагрузки, потреблению энергоресурсов, ухудшению экологической обстановки и снижению качества жизни населения.

В 2009-2014 годах в России стали активно внедряться принципы устойчивого развития: повысились требования к экологической безопасности зданий и использованию вторичных ресурсов, появились первые программы «зелёного» финансирования, стали активно разрабатываться экологические стандарты в строительстве.

Первые сертифицированные бизнес-центры в крупных российских городах были ориентированы на повышение энергоэффективности и поддержание благоприятного микроклимата внутри помещений. Стоит отметить, что недостаточно внимания уделялось экологической оценке места проектирования в структуре города и предпроектному анализу территории.

Традиционный подход к выбору участка для коммерческой недвижимости зачастую ориентирован только на его транспортную доступность и стоимость. Игнорируются экологические факторы, что приводит к ухудшению микроклимата внешней и внутренней среды. Неудачное расположение бизнес-центра в зоне загазованности, вблизи промышленных объектов, в плотной застройке, без транспортной доступности и социальной инфраструктуры невозможно компенсировать передовыми «зелёными» технологиями.

Существующие методы анализа территории для коммерческой недвижимости не позволяют в полной мере учесть совокупность природных и антропогенных факторов. В связи с этим возникает необходимость в переходе к более современным инструментам пространственного анализа, способным интегрировать комплексные данные (спутниковые снимки, кадастровые карты, ГИС-технологии<sup>3</sup> и т.д.) и обеспечить комплексную экологическую оценку территории. Сегодня применение ГИС позволяет выбирать оптимальное местоположение, моделировать сценарии воздействия на объект с учётом природных, техногенных и градостроительных факторов.

---

<sup>3</sup> ГИС-технологии (геоинформационные системы) – это компьютерные технологии для сбора, хранения, обработки, анализа и визуализации пространственных данных, которые имеют географическую привязку [1].

Вопросы *экологической оценки территории* затрагивались в работах Б.И. Кочурова, В.И. Стурмана, И.В. Ивашкина, В.Г. Заиканова, Т.Б. Минакова, Д.В. Шахина, В.Е. Пинаева, С.В. Кареловой и др. *Использование ГИС в градостроительстве* рассматривалось в трудах М.Х. Аль Савафи, О.О. Козеевой [2], А.Г. Карманова, Т.А. Воробьевой [3], М.З. Стаменковича, А.И. Кнышева, В.В. Елисеевой, В.В. Томилина, Г.М. Нориевской, А.М. Берлянти др. *Антропогенное воздействие на окружающую среду* изучалось в работах Т.А. Василенко, С.В. Свергузовой, Е.В. Гривко, О. Ишановой, Т.Н. Ефимовой, Р.Р. Ивановой, В.И. Жукова, Л.Н. Горбуновой, С.В. Севастьянова, В.П. Мешалкина, О.Б. Бутусова, Ю.И. Писковской, Н.М. Исмаилова, М.Ф. Дороховой и др. *Применение систем экологической оценки для городской среды* освещалось в работах Д. Юн, Д. Пак, А. Матягина, Ю.А. Мандры, А.Н. Есаулко, П.В. Ключина, Е.Е. Степаненко, Н.А. Нарбут, Л.А. Матюшкина, Д.М. Суворова и др.

Существующая обширная теоретическая литература не предлагает разработанной методики для экологической оценки участков под «зеленое» строительство с учетом специфики бизнес-центров, что подтверждает актуальность настоящего исследования.

*Цель исследования* – разработать методику комплексной оценки природно-климатических, экологических и социально-экономических аспектов для выбора места и устойчивого проектирования «зеленых» бизнес-центров.

#### *Задачи исследования:*

- проанализировать существующие экологические стандарты для территорий (LEED Neighborhood Design, BREEAM Communities, DGNB Urban Districts, GREEN ZOOM City) и выявить требования относительно земельного участка;
- сгруппировать основные критерии, влияющие на выбор участка для строительства «зелёного» бизнес-центра;
- разработать алгоритм экологической оценки территории на основе методов пространственного анализа в ГИС-системе (QGIS);
- апробировать предложенную систему комплексного анализа аспектов устойчивого проектирования на примере «зеленого» бизнес-центра в Саратове;
- спрогнозировать экологическое влияние офисного здания при строительстве и эксплуатации на прилегающую территорию.

#### **Материалы и методы исследования**

В качестве материалов исследования использовались<sup>4</sup>:

- Данные SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)<sup>5</sup>: снимки спутника Земли Landsat 2<sup>6</sup> (разрешение 15 м, канал 10,8; разрешение 30 м, канал 3, 4, 5) для выявления зелёных зон, излучения поверхности земли, направлений летних и зимних ветров, затопляемых территорий.
- Снимки рельефа со спутника Landsat 2 с разрешением 30 м.
- OSM Standart (Open Street Map) для актуализации данных о дорожной сети, объектах социальной инфраструктуры и точках интереса (POI).
- Потенциальные территории для строительства «зелёного» бизнес-центра в Саратове.

Основные методы комплексного анализа территории включают:

<sup>4</sup> Сбор и систематизация исходных данных выполнялись в геоинформационной системе QGIS.

<sup>5</sup> SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) – международный исследовательский проект по созданию цифровой модели высот Земли с помощью радарной топографической съёмки её поверхности.

<sup>6</sup> Landsat 2 – мультиспектральные изображения, полученные со спутников миссии Landsat-2 в рамках программы глобального мониторинга окружающей среды.

- *векторный анализ* – создание карт с использованием ГИС-технологий (QGIS) для отображения местоположения ЗБЦ в структуре города;<sup>7</sup>
- *анализ поверхности* – построение изолиний, показывающих местоположение, расстояние объектов, уклон рельефа, температуру поверхности, влажность;
- *картирование плотности* – концентрация точечных или линейных объектов;
- *межслоевой анализ* – сопоставление антропогенных и природных объектов с природно-климатическими показателями;
- *математический анализ* – для расчётов значений с помощью калькулятора растров в программе QGIS (спектральная энергетическая яркость, яркостная температура, индекс вегетации, способность излучения земли, температура поверхности)<sup>8</sup>;
- *сравнительный анализ* – создание аналитических таблиц и графиков для анализа количественных показателей для территорий.

В результате комплексного авторского подхода было получено полное представление о состоянии и перспективах развития территории под строительство ЗБЦ в Саратове.

## 1. Обзор систем экологической оценки для территории за рубежом и в России

В современной градостроительной практике для оценки устойчивости участка применяются экологические стандарты.

Рассмотрим следующие международные системы: LEED Neighborhood Development (США), BREEAM Communities (Великобритания), DGNB Urban Districts (Германия) и российскую систему сертификации GREEN ZOOM City [4].

*LEED Neighborhood Development (2007 г.)* оценивает проекты по пяти ключевым направлениям: умное расположение и связь (23 % требований от всей системы); шаблон сообщества и дизайн (37 %); «зелёная» инфраструктура здания (28 %); инновации и процесс проектирования (6 %); региональные особенности (4 %).

*BREEAM Communities (2008 г.)* представляет собой инструмент оценки крупных девелоперских проектов на ранних стадиях планирования и проектирования. Система включает семь разделов: управление (9 %); местная экономика (15 %); социальное благосостояние (17 %); условия окружающей среды (11 %); ресурсы и энергия (22 %); использование земли и экология (13 %); транспорт и мобильность (13 %).

*DGNB Urban Districts (2011 г.)* базируется на трех принципах: экологическом, экономическом и социокультурном [5]. Стандарт оценивает пять категорий качества: качество окружающей среды (22,5 % требований от всей системы); экономическое качество (22,5 %); социальное качество (22,5 %); технологическое качество (22,5 %); качество процесса (10 %).

*GREEN ZOOM City (2018 г.)* применяется к проектам комплексного развития территорий и оценивает объекты по семи разделам: рабочая группа и целостный анализ проекта (11,43 % требований от всей системы); водозэффективность (6,35 %); энергоэффективность, ресурсосбережение и Smart City (16,51 %); школа Горожанина и сообщества (11,43 %); качество городской среды и BIG DATA (31,42 %); безопасное общественное пространство (16,51 %); инновации (6,35 %).

<sup>7</sup> Были проанализированы географические и природно-климатические характеристики потенциальных участков в Саратове для проектирования по трём уровням: *город* (антропогенные зоны, природные зоны, транспортная доступность, тепловые зоны, зоны загрязнения);

- *район* (антропогенные зоны, природные зоны, транспортная доступность, тепловые зоны, карта рельефа и затопляемости, зоны загрязнения);

- *участок* (альbedo поверхностей, «тепловой остров», уклон рельефа, осадки, озеленение, направление ветровых потоков, инсоляция).

<sup>8</sup> Математические данные необходимы для точного выявления природно-климатических показателей на карте.

Все критерии экологической оценки рассматриваемых стандартов были систематизированы на две группы: природные<sup>9</sup> и антропогенные факторы<sup>10</sup>. Выделение двух групп необходимо для оценки разных способов их воздействия на окружающую среду:

- *природные факторы* оценивают адаптивность здания к окружающей среде, биоразнообразию, влияние климатических условий, качество воды и почвы;
- *антропогенные факторы* показывают влияние здания на окружающую среду, насколько развита инфраструктура, комфорт и безопасность среды для человека.

На основе выявленных требований был сформирован перечень критериев экологической оценки территории по трём уровням: город, район, участок (Таблица 1).

Таблица 1. Критерии экологической оценки места для строительства «зелёного» бизнес-центра

Факторы (№)	Критерии	Кол-во баллов
<b>ГОРОД</b>		
<i>Г.1. Антропогенные факторы</i>		
Г1.1 Функциональное зонирование и структура застройки		13
Г1.1.1	Доля территории, занятой промышленными зонами (чем меньше показатель, тем лучше)	4
Г1.1.2	Коэффициент разнообразия землепользования	5
Г1.1.3	Доля рекреационных и общественно-деловых зон (от общей площади)	4
Г1.2 Транспортная инфраструктура		13
Г1.2.1	Транспортная доступность	3
Г1.2.2	Плотность улично-дорожной сети (км/км <sup>2</sup> )	4
Г1.2.3	Наличие альтернативного транспорта (ж/д, водный и т.д.)	6
Г1.3 Загрязнение воздуха		4
Г1.3.1	Индекс качества воздуха (выбросы CO <sub>2</sub> )	4
<i>Г.2. Природные факторы</i>		
Г2.1 Зелёные ресурсы		10
Г2.1.1	Доля озеленённых территорий общего пользования (от общей площади)	6
Г2.1.2	Близость к зелёным зонам	4
Г2.2 Тепловой режим и климат		3
Г.2.2.1	Интенсивность «острова тепла»	3
Г2.3 Водные ресурсы		10
Г2.3.1	Близость к водным ресурсам	3
Г2.3.2	Доля водных объектов, находящихся в удовлетворительном экологическом состоянии	7
<b>РАЙОН</b>		
<i>Р.1. Антропогенные факторы</i>		
Р1.1 Функциональное зонирование и плотность застройки		7
Р1.1.1	Индекс разнообразия землепользования (оценка вариативности функциональных зон на территории (SHDI))	3
Р1.1.2	Коэффициент плотности застройки	2
Р1.1.3	Доля территории, занятой парковками и гаражными кооперативами	2

<sup>9</sup> *Природные факторы* – это совокупность природных процессов, влияющих на экосистему территории. К природным факторам относятся: биоразнообразие; риск наводнения и оползней; сохранение природного рельефа; «тепловой» остров; инсоляция и т.д.

<sup>10</sup> *Антропогенные факторы* – это воздействие деятельности человека на окружающую среду. К антропогенным факторам относятся: выбросы CO<sub>2</sub>; шумовое загрязнение; наличие общественно-деловой инфраструктуры; планировочная организация территории и т.д.

P1.2 Транспортная доступность и мобильность		14
P1.2.1	Плотность общественного транспорта (расстояние до остановки)	3
P1.2.2	Доля территории с пешеходной доступностью до остановки (от $\leq 400$ м)	5
P1.2.3	Наличие и протяжённость велосипедных дорожек	6
P1.3 Тепловой комфорт		4
P1.3.1	Интенсивность «острова тепла»	4
P1.4 Социальная инфраструктура		5
P1.4.1	Доступность общественных пространств	5
<i>P.2. Природные факторы</i>		
P2.1 Зелёные ресурсы		7
P2.1.1	Доля зелёных насаждений общего пользования	3
P2.1.2	Соотношение площади зелёных насаждений к площади застройки	4
P2.2 Затопляемость городской среды		4
P2.2.1	Доля территории, попадающей в зону затопления (при ливнях)	4
P2.3 Ветровой режим		5
P2.3.1	Соответствие ориентации улиц и разрывов застройки «розе ветров»	5
P2.4 Водные ресурсы		3
G2.3.1	Близость к водным источникам	3
<b>УЧАСТОК</b>		
<i>У.1. Антропогенные факторы</i>		
У1.1 Функциональное зонирование и инфраструктура участка		13
У1.1.1	Плотность застройки участка	4
У1.1.2	Удалённость от остановки общественного транспорта (пешеходная доступность $\leq 400$ м)	3
У1.1.3	Наличие велопарковок и велоинфраструктуры на участке	6
<i>P.2. Природные факторы</i>		
У2.1 Микроклимат участка		11
У2.1.1	Коэффициент отражения (альбедо) покрытий участка	5
У2.1.2	Озеленение участка древесно-кустарниковой растительностью (процент от площади)	6
У2.2 Солнечная радиация		11
У2.2.1	Затеняемость территории и объектов	3
У2.2.2	Обеспеченность естественным освещением открытых пространств участка	4
У2.2.3	Ориентация по сторонам горизонта	4
У2.3 Ветровой режим		19
У2.3.1	Размещение объекта с учётом «розы ветров»	4
У2.3.2	Обеспечение проветриваемости участка	5
У2.3.3	Отсутствие зон «застоя» воздуха	4
У2.3.4	Защита участка от холодных ветров (зимой)	6
У2.4 Осадки		16
У2.4.1	Наличие системы сбора и повторного использования дождевой воды	7
У2.4.2	Доля подтопления участка при осадках и талых вод	4
У2.4.3	Наличие водопроницаемых покрытий на участке	5
Всего		172

Методика экологической оценки места проектирования для ЗБЦ заключается в количественной оценке суммы баллов по выявленным критериям.

Алгоритм экологической оценки территории осуществляется в три этапа: этап 1 – оценка территорий на уровне города; этап 2 – оценка территорий на уровне района; этап 3 – оценка территорий на уровне участка.

### Этап 1. Оценка территорий на уровне города

Сбор исходных данных для графического анализа в системе QGIS, который включает: спутниковые снимки Landsat-2 (каналы B3, B4, B8, B10) из Earth Explorer, генплан

Саратова, данные о загрязнении воздуха<sup>11</sup>, метеорологические данные из открытых источников Meteo Blue. Выбранные участки на первом этапе заносятся в QGIS в виде точечных объектов.

Составляются карты в масштабе 1:25000:

- карта антропогенных зон: анализ структуры застройки, выявление доли промышленных, общественно-деловых, жилых и рекреационных зон (критерии Г1.1.1–Г1.1.3);
- карта природных зон (водоёмы и растительность): доля озеленённых территорий, близость и качество зелёных, водных объектов (Г2.1.1–Г2.3.2);
- транспортная карта: транспортная доступность, плотность дорожной сети, наличие альтернативных видов транспорта (Г1.2.1–Г1.2.3);
- карта «тепловых» островов: расчёт интенсивности «теплового» острова (Г2.2.1);
- карта уровня загрязнения воздуха: для оценки качества воздуха (Г1.3.1).

По результатам экологической оценки, выполняется сравнительный анализ районов (максимум 53 балла).

## **Этап 2. Оценка территорий на уровне района**

Составление карты района в масштабе 1:10000:

- карта антропогенных зон: расчёт индекса разнообразия функциональных зон, доля территорий, занятых наземным паркингом и гаражами (критерии Р1.1.1–Р1.1.3);
- карта природных зон: доля зелёных насаждений общего пользования, соотношение площади озеленения к площади застройки (Р1.2.1–Р1.2.3);
- транспортная карта (категории дорог): радиус доступности остановок, пешеходная доступность инфраструктуры, протяженность велодорожек (Р1.2.1–Р1.2.3);
- карта «тепловых островов»: выявление локального перегрева (Р1.3.1);
- карта затопляемости территории: моделирование зон подтопления при ливневых осадках (Р2.2.1).

По результатам экологической оценки, выполняется сравнительный анализ участков (максимум 46 баллов).

## **Этап 3. Оценка территорий на уровне участка**

Выявление потенциальных мест для проектирования ЗБЦ в границах города Саратова, исходя из данных «Публичной кадастровой карты» (ПКК).

Составление карт участка в масштабе 1:500:

- карта антропогенных зон: анализ общественной и социальной инфраструктуры (критерии У1.1.1–У1.1.3)
- транспортно-пешеходная карта: категории дорог, пешеходные пути, велодорожки (У2.1.1–У2.1.2)
- карта солнечной радиации: расчёт альбедо поверхности, инсоляция, затенённость участка, ориентации по странам света (У2.2.1–У2.2.3);
- карта теплового режима: локальный анализ отражений и температуры поверхностей, УФ-излучения (У2.1.1–У2.1.2);
- карта ветрового режима: оценка траектории и скорости ветра, проветривание территории (У2.3.1–У2.3.4);
- карта осадков: расчёт затопления территории, впитываемость поверхностей, уклона рельефа, направления талых и атмосферных осадков (У2.4.1–У2.4.3).

Проводится итоговая экологическая оценка выбранного участка (максимум 98 баллов).

<sup>11</sup> Отчёт о результатах мониторинга загрязнения окружающей среды от Росприроднадзора за 10 октября 2025 г.

## Анализ территории на примере «зеленого» бизнес-центра в Саратове

### Этап 1. Оценка территорий на уровне города

При градостроительном планировании необходимо учитывать природные (климатические условия, рельеф, зелёные, водные ресурсы и т.д.) и антропогенные факторы (транспортная доступность, функциональное зонирование, загрязнение воздуха и т.д.). Комплексный подход к решению данных задач обеспечивает устойчивое развитие территорий, рациональное использование ресурсов и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду [6].

Саратов относится к числу городов с повышенной антропогенной нагрузкой, что обусловлено концентрацией промышленных предприятий (нефтеперерабатывающий завод, химические и машиностроительные производства) и высокой автомобильной загруженностью<sup>12</sup>. Озеленение города остаётся неравномерным. Наиболее благополучными являются окраины и лесопарковые зоны, тогда как в центральных и промышленных районах наблюдается дефицит природных компонентов.

На начальном этапе осуществлялась комплексная оценка территорий шести административных районов города Саратова: Фрунзенского, Октябрьского, Ленинского, Кировского и Заводского. Первичный отбор потенциальных участков для размещения ЗБЦ производился на основе данных ПКК. В рамках исследования анализировались территориальные зоны, допускающие размещение офисно-деловых объектов<sup>13</sup>.

Сопоставление данных ПКК и ПЗЗ происходило в несколько этапов:

- на первом этапе на ПКК активировался слой градостроительного зонирования, позволяющий визуализировать границы территориальных зон Саратова;
- на втором этапе в пределах каждого из пяти анализируемых районов (Фрунзенского (Ф), Октябрьского (О), Ленинского (Л), Кировского (К) и Заводского (З)) выделялись участки, отнесённые к зонам ОД-1, ОЖ или ОЖ-1;
- на третьем этапе для каждого такого участка через интерфейс ПКК проверялись сведения о кадастровом номере и площади.

После выбора оптимальных территорий под строительство ЗБЦ была начата экологическая оценка территорий (рис. 1).

### Анализ «теплового острова» в городе

Исходными данными послужили многозональные снимки спутников Landsat 2.<sup>14</sup> Обработка изображений осуществлялась по следующей методике: расчёт спектральной яркости на верхней границе атмосферы (TOA); преобразование в температуру яркости по тепловому каналу (Band 10); вычисление нормализованного вегетационного индекса (NDVI); определение доли растительного покрова и коэффициента излучения земной поверхности (LSE). После выполнялся расчёт температуры поверхности земли (LST) с последующей классификацией по шкале UTFVI для оценки степени нагрева городских территорий.

<sup>12</sup> Согласно данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области», среднегодовые концентрации взвешенных веществ, формальдегида и диоксида азота в ряде районов города превышают предельно допустимые концентрации в 1,5-2,5 раза [7]. Существует проблема загрязнения реки Волги и её притоков, куда поступают недостаточно очищенные сточные воды с промышленных площадок и очистных сооружений.

<sup>13</sup> Основное внимание уделялось зонам ОД-1 «Многофункциональная общественно-деловая зона», где в числе основных видов разрешенного использования закреплено «Деловое управление» (код 4.1), предполагающее размещение объектов управленческой и коммерческой деятельности.

<sup>14</sup> За 23 июля 2025 года с уровнем облачности не более 10%.

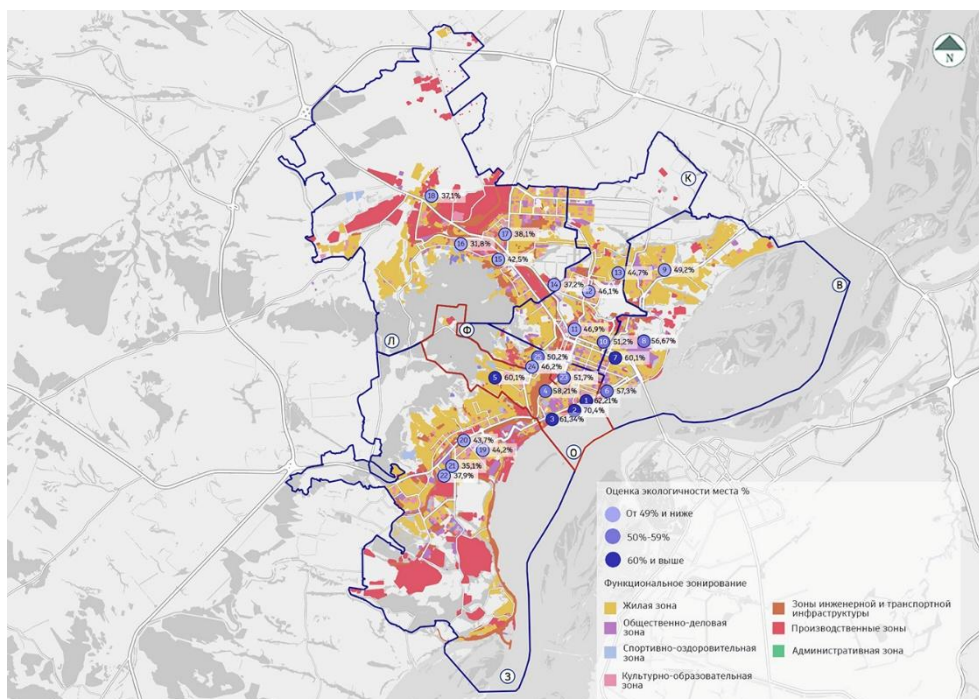


Рис. 1. Анализ функциональных зон Саратова<sup>15</sup>

В результате были построены карты пространственного распределения температурных аномалий, позволившие идентифицировать источники «теплового острова» и проследить взаимосвязь между типом землепользования (промышленные зоны, жилая застройка, зелёные массивы, водные поверхности) и интенсивностью нагрева поверхности (рис. 2).

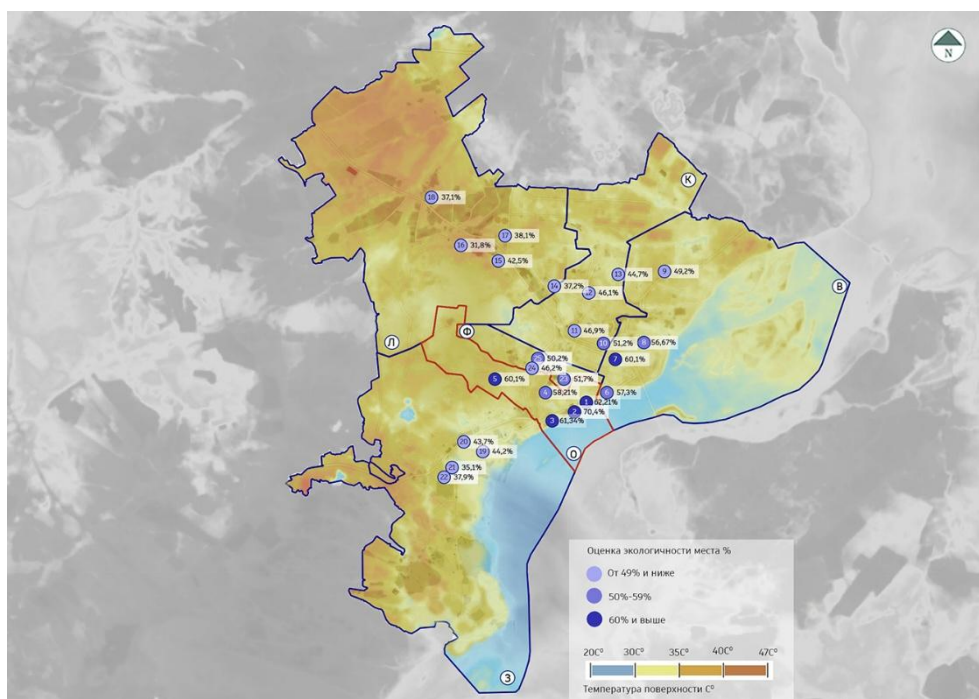


Рис. 2. Карта «теплового острова» в городе Саратов

<sup>15</sup> В Октябрьском районе на уровне города (рис. 1-3) под цифрами располагаются следующие адреса: 1. ул. имени Н.Г. Чернышевского, 112 (62,21%); 2. ул. имени Чернышевского, 94 (70,4%); 3. ул. имени Н.Г. Чернышевского, 66 (61,34%); 4. ул. Железнодорожная, 8 (58,21%); 5. 1-й проезд имени В.Г. Ключкова (60,1%).

Результаты анализа показали, что наиболее выраженный эффект «теплого острова» наблюдается в центральных районах (Фрунзенский и Кировский), где разница температур по сравнению с загородной зоной составляет 4,5-6,0°С. Это обусловлено высокой плотностью застройки, минимальной долей зелёных насаждений и преобладанием асфальтовых покрытий. Наименьшая интенсивность солнечного излучения зафиксирована в Волжском и Заводском районах, где сохраняются крупные массивы зелёных насаждений (зелёная зона вдоль Кумысной поляны, Соколова гора и т.д.).

### Анализ выбросов углекислого газа в городе

Оценка объёмов выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) на территории Саратова проводилась на основе анализа данных стационарных источников (промышленные предприятия, ТЭЦ) [4]. Данные о выбросах от стационарных источников были получены из отчётов территориального органа Росприроднадзора по Саратовской области и привязаны к географическим координатам предприятий [7].

Результаты анализа показали, что наибольшие объёмы выбросов CO<sub>2</sub> (более 45 тыс. тонн в год) приходятся на Заводской и Ленинский районы, где сосредоточены основные промышленные объекты (Саратовский НПЗ, Саратовская ТЭЦ-5, заводы химической промышленности).

Третье место по уровню выбросов занимает Кировский район – за счёт интенсивного транспортного потока на пересечении основных городских магистралей.

Минимальные выбросы зафиксированы в Октябрьском и Фрунзенском районах, что связано с преобладанием жилой застройки при отсутствии действующих крупных промышленных объектов (рис. 3).

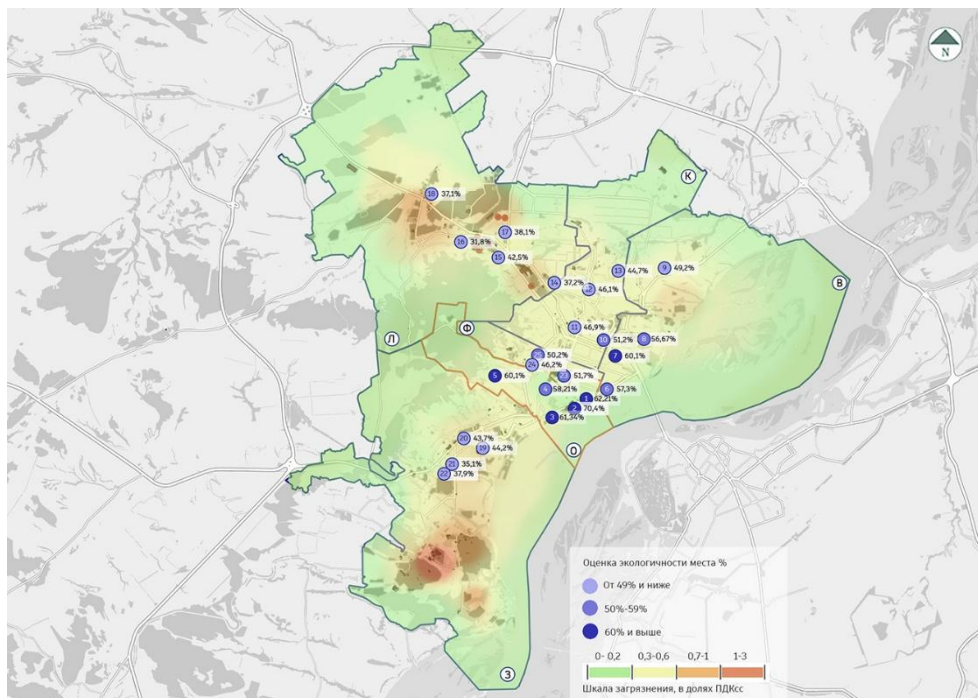
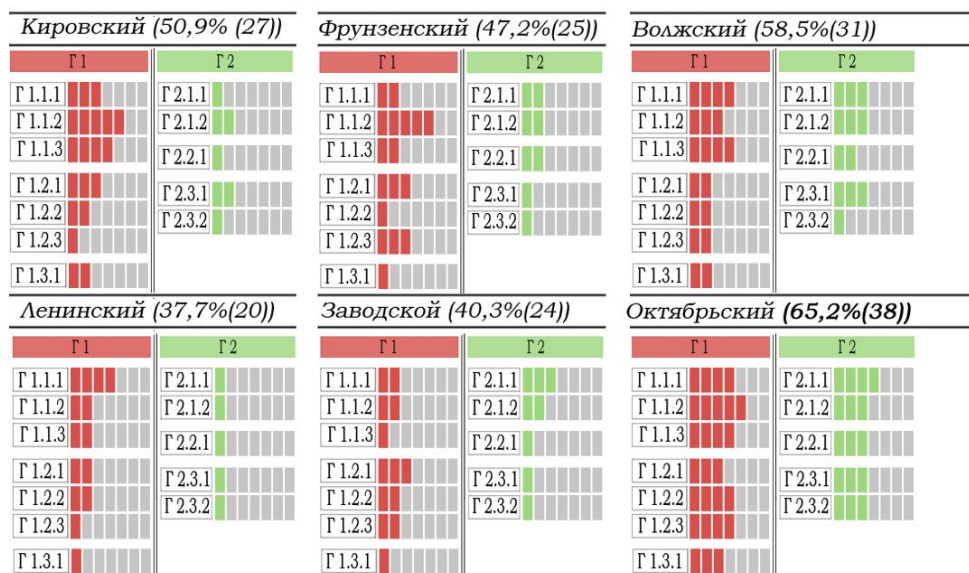


Рис. 3. Карта выбросов углекислого газа в городе Саратов

Карта выбросов CO<sub>2</sub> позволила выявить локальные зоны повышенного загрязнения внутри каждого района, что важно для выбора участка для ЗБЦ. На рисунке 4 представлены результаты экологической оценки районов города по балльной шкале.



\* Г1 – Антропогенные факторы; Г2 – природные факторы

Рис. 4. Экологическая оценка на уровне города

По результатам оценки шести районов Саратова можно сделать следующие выводы:

- Наиболее благоприятным районом для проектирования ЗБЦ является *Октябрьский район (65,2%)*. Высокие баллы обусловлены разнообразием функциональных зон, развитой транспортной инфраструктурой, наличием альтернативного транспорта, допустимым уровнем загрязнения воздуха, отдалённостью от крупных промышленных зон, близостью зелёных и водных объектов (Городской парк, река Волга).
- *Фрунзенский (47,2%)* и *Волжский (58,5%)* районы демонстрируют средние показатели. Их экологический потенциал ограничен высокой плотностью застройки, повышенным уровнем шумового и светового загрязнения.
- Наименее пригодными для проектирования ЗБЦ являются Заводской (45,3%) и Ленинский (37,7%) районы. Данные территории имеют низкие баллы из-за дефицита общественно-деловых зон, близкого расположения крупных промышленных объектов, транспортной загруженности и высокого уровня загрязнения воздуха.

## Этап 2. Оценка территорий на уровне района

В результате комплексного анализа административных районов по критериям (рис. 4), Октябрьский район<sup>16</sup> выделен как лучший по показателям для размещения экологичного офисного центра.

Территория граничит с Волжским, Фрунзенским, Кировским и Заводским районами, что обеспечивает её высокую транспортную связанность с другими частями города. Ландшафт имеет сложный рельеф – Глубучев овраг, Смирновское ущелье. По функциональному зонированию район относится к смешанной застройке с высокой долей административных, образовательных и культурных учреждений. Сохраняется баланс между антропогенными и природными пространствами. На основе анализа карты антропогенных зон и данных ПЗЗ муниципального образования «Город Саратов» установлено следующее процентное распределение функциональных зон на территории Октябрьского района (рис. 5).

<sup>16</sup> Расположен в центральной части г. Саратова, S=17,83 км<sup>2</sup> (1783 га). Численность населения района составляет 121,2 тыс. чел., что определяет среднюю плотность около 6,8 тыс. чел./км<sup>2</sup> [8].

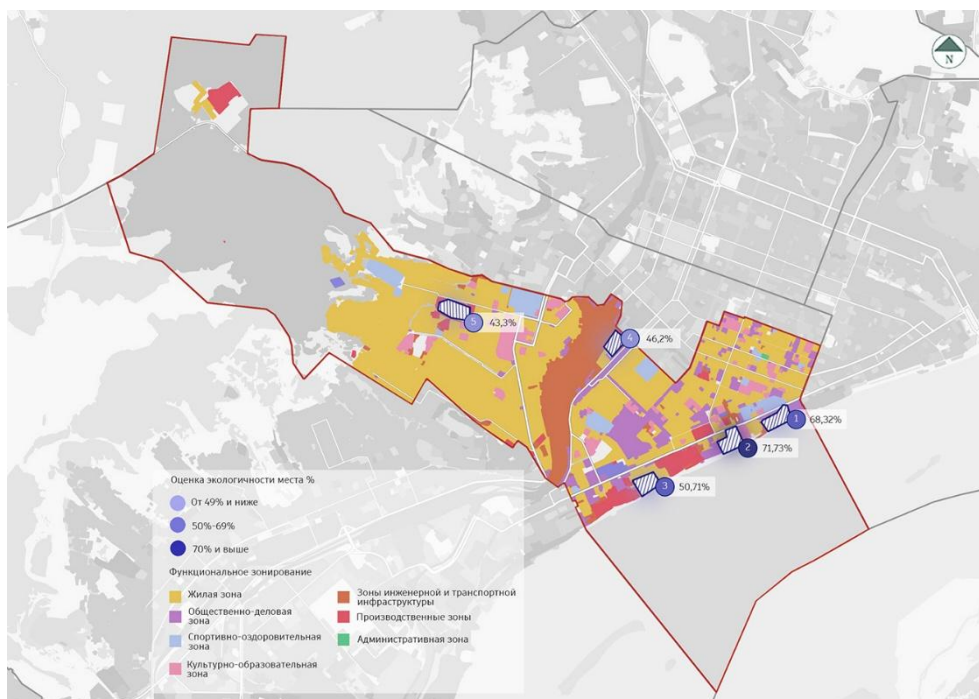


Рис. 5. Анализ функциональных зон Октябрьского района<sup>17</sup>

Доля общественно-деловых зон составляет 14%, что является одним из наиболее высоких показателей среди районов Саратова, уступая только Фрунзенскому району, где концентрация административных зданий максимальна. Это создаёт благоприятную среду для размещения нового офисного центра, обеспечивая его интеграцию в сложившуюся инфраструктуру. Промышленные зоны занимают 7% территории, что положительно сказывается на качестве атмосферного воздуха.

Транспортная карта Октябрьского района построена на основе открытых данных OpenStreetMap<sup>18</sup>. Доля территории с пешеходной доступностью до остановки общественного транспорта ( $\leq 400$  м) составляет 82%. Это один из лучших показателей в городе, уступающий только Фрунзенскому району (91%). Высокая транспортная связанность обеспечивает удобный маршрут к офисному центру для сотрудников. Протяжённость велосипедных дорожек в районе недостаточна – около 2,5 км (по ул. Чернышевского и частично по Набережной р. Волги), что в целом является общей проблемой для города.

### Анализ «теплового острова» в районе

Анализ «теплового острова» производился аналогично, как на уровне города (рис. 6).

Интенсивность теплового острова ( $\Delta T$  между средней температурой района и загородной контрольной точкой) составляет 3,2-4,1 $^{\circ}$ C, что является средним показателем по городу<sup>19</sup>.

<sup>17</sup> На картах района (рис. 4-6) под цифрами располагаются следующие адреса: 1. ул. имени Н.Г. Чернышевского, 112 (68,32%); 2. ул. Имени Чернышевского, 94 (71,73%); 3. ул. имени Н.Г. Чернышевского, 66 (50,71%); 4. ул. Железнодорожная, 8 (46,2%); 5. 1-й проезд имени В.Г. Ключкова (43,3%).

<sup>18</sup> Плотность сети общественного транспорта составляет 7,2 остановки на км<sup>2</sup>, что превышает среднегородской показатель (5,4 остановки на км<sup>2</sup>). Район обслуживается трамвайными маршрутами № 3, 4, 6, 9, 10, 15 (частично), троллейбусными маршрутами № 2, 3, 4, 5, 15, а также автобусными маршрутами различной вместимости.

<sup>19</sup> Для сравнения: в Фрунзенском районе  $\Delta T$  достигает 5,5-6,0  $^{\circ}$ C, в Заводском – 4,5-5,5  $^{\circ}$ C, в Ленинском – 3,5-4,0 $^{\circ}$ C.

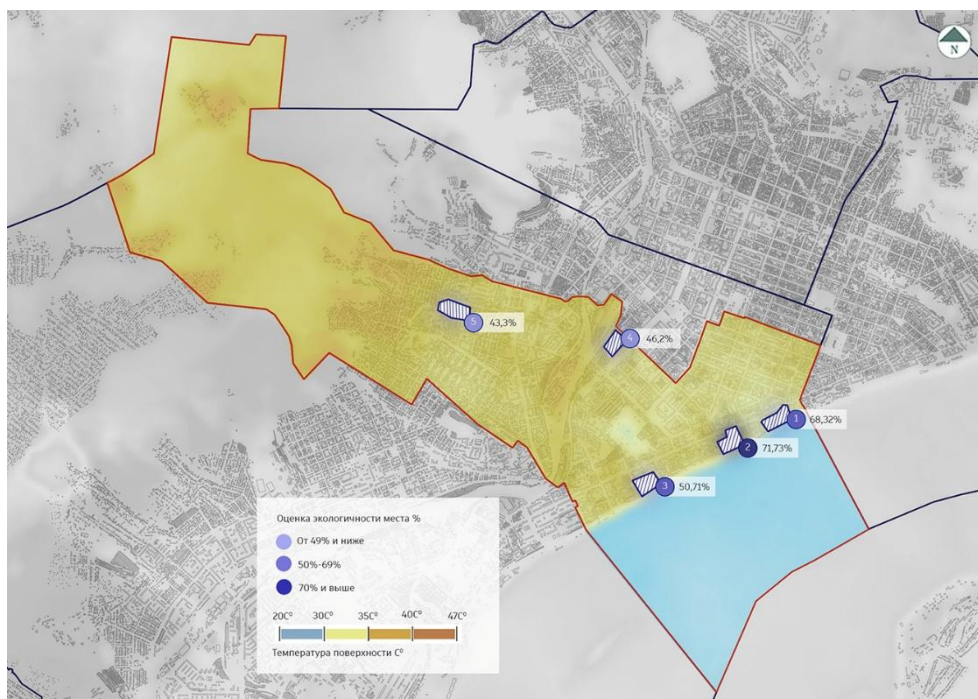


Рис. 6. Карта «теплового острова» на уровне района

Распределение температуры в Октябрьском районе имеет следующие особенности: наиболее комфортные зоны – в скверах (сквер им. Радищева, сквер «Дружба народов», бульвар на ул. Рахова) и на участках вдоль р. Волги. Нагретые зоны формируются вдоль магистральных улиц с интенсивным движением (ул. Московская, Чернышевского, Большая Садовая) и на крупных асфальтированных площадях.

Факторы, влияющие на тепловой режим района:

- *Озеленение*: площадь зелёных насаждений составляет 55,8 га, что обеспечивает заметный охлаждающий эффект (на 2-3 °С в радиусе до 100 м от зелёных массивов).
- *Альbedo покрытий*: преобладание тёмных асфальтовых покрытий на проезжей части (альbedo 0,05-0,10) способствует накоплению тепла.
- *Плотность застройки*: средний коэффициент плотности застройки (FAR) в Октябрьском районе составляет 0,8-1,2, что ниже, чем в центре (1,5-2,0). Это обеспечивает благоприятные условия для вентиляции и рассеивания тепла.
- *Рельеф*: наличие перепадов высот способствует формированию локальных потоков воздуха.

### Анализ затопляемости территории при талых и дождевых водах в районе

Для анализа зон затопления используется плагин «Rain2Flood» для QGIS. Данный инструмент выполняет расчёты поверхностного стока и построение карт затопления. Плагин поддерживает несколько источников данных об осадках, включая интеграцию с «Open-Meteo API» для глобального доступа к почасовым и суточным данным, а также возможность загрузки пользовательских Excel-файлов с данными метеонаблюдений.

Для выполнения анализа в зонах городской застройки необходимо задать параметры, характерные для территорий: интенсивность осадков заданной продолжительности (от 1 до 24 часов); коэффициент стока (для города используются показатели 0,7-0,95); коэффициент шероховатости Manning (для оценки скорости поверхностного стока). Расчёт выполняется по формуле (1):

$$Q = C * I * A(1), \text{ где}$$

Q – максимальный расход;  
 С – коэффициент стока;  
 I – интенсивность осадков;  
 А – коэффициент шероховатости.

В результате моделирования формируется карта глубины затопления и распространения паводковых вод (рис. 7).

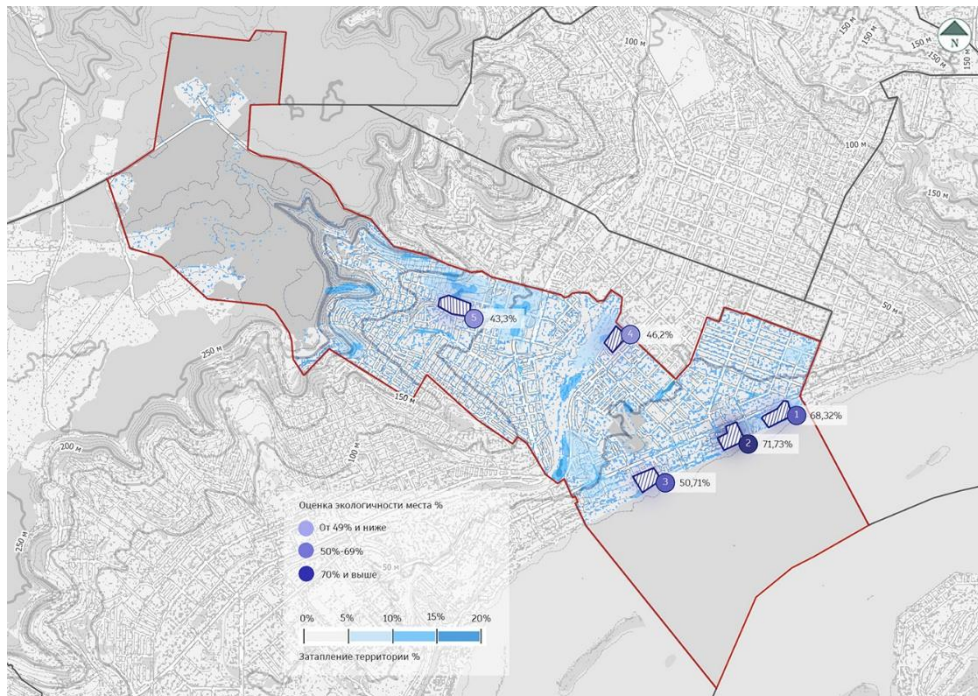


Рис. 7. Карта затопляемости территории при талых и дождевых водах в районе

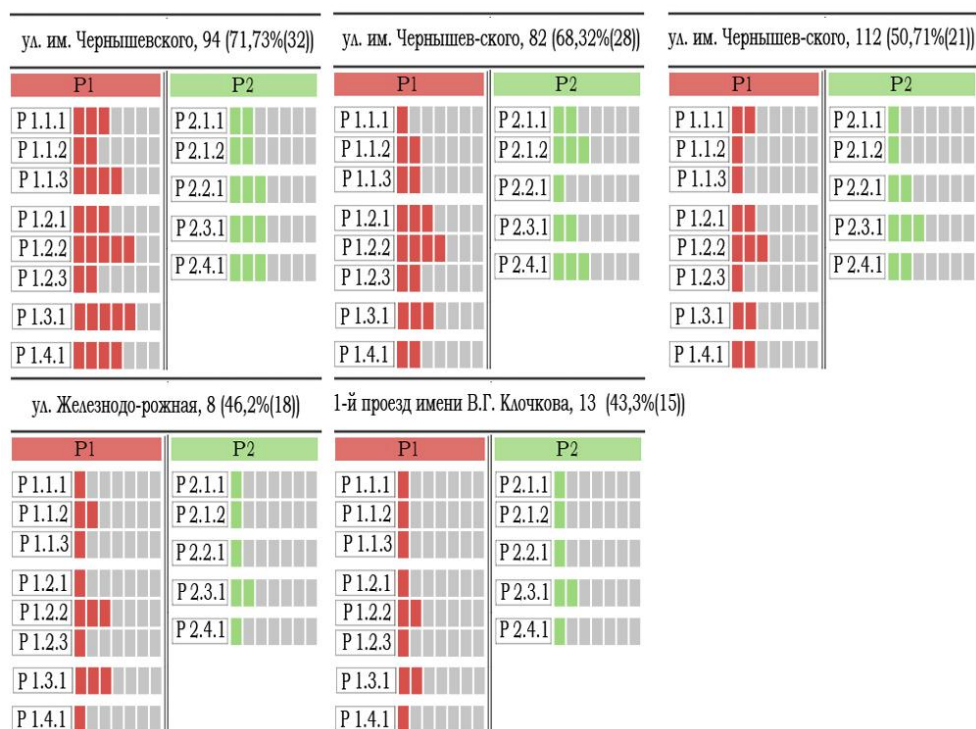
Территории Октябрьского района города Саратова, характеризуются повышенной уязвимостью к затоплению при ливневых осадках (расположение на пересеченной местности с перепадами высот, недостаточная пропускная способность ливневой канализации и т.п.).

В результате исследования установлены следующие локальные зоны, где подтопление городских улиц происходит с наибольшей регулярностью: пересечение улиц Хользунова и Шелковичная; пересечение улиц Октябрьская и Кузнечная; микрорайон улиц Рахова – Белоглинская; улица Чернышевского; 2-я линия и 10-я линия Октябрьского микрорайона; перекресток улиц Новоузенская и Хользунова.

Исследуемые экологические факторы рассматриваемых территорий оценивались по балльной системе (рис. 8).

Проведённый анализ пяти участков в Октябрьском районе показал, что:

- Наиболее экологичным является участок по адресу: ул. им. Чернышевского, 94 (71,73%). Территория имеет высокое разнообразие землепользования (критерий P1.1.1), пешеходную доступность к остановкам до 400 м (P1.2.2), доступность водных и зелёных ресурсов (P2.1.1, P2.4.1).
- Участки в западной части Октябрьского района – ул. Железнодорожная, 8 (46,2%) и 1-й проезд Ключкова, 13 (43,3%) имеют низкие показатели из-за удалённости от остановок общественного транспорта, малой пешеходной доступности, повышенной вероятности затопления городских улиц при ливнях, высокого уровня «теплого острова».



\* P1 – Антропогенные факторы; P2 – природные факторы

Рис. 8. Экологическая оценка на уровне района

### Этап 3. Оценка территорий на уровне участка

Выбранный участок располагается в III климатической зоне (на 20 метрах над уровнем моря) в центральной части Саратова. Он имеет хорошую транспортную доступность (вблизи ул. Чернышевского – дорога областного назначения) и выход к набережной р. Волги. Территория обладает хорошей пешеходной доступностью (наличие тротуаров, пешеходных переходов, близость к другим объектам городской инфраструктуры), а также доступом к общественному и низкоуглеродному транспорту (троллейбусы, велотранспорт).

В соответствии с ПЗЗ муниципального образования города Саратов, участок отнесён к территориальной зоне ОД-1 «Многофункциональная общественно-деловая зона». Данная территория предполагает размещение объектов капитального строительства (административного, делового, коммерческого и культурного назначения), занимающих более 60% от общей площади участка, с включением зелёных зон.

По текущему положению на участке расположены промышленные и складские сооружения, сдаваемые в аренду. Полуразрушенные объекты обладают низким архитектурно-художественным качеством, создавая диссонанс с природным ландшафтом и набережной реки Волги, не вписываясь в общую панораму города.

### Природно-климатический анализ участка

Для оценки выбранной территории выполнен анализ по четырём климатическим факторам (*солнечная радиация, температурный режим, ветровой режим и осадки*) в трёх проекциях – план, разрез и 3D-модель.

**Анализ солнечной радиации:** построен инсоляционный график, позволяющий определить продолжительность солнечного освещения участка и прилегающей застройки за 10 часов, выявить зоны затенения, открытость небосвода ( $W$ )<sup>20</sup> и альбедо<sup>21</sup> поверхностей (рис. 9).

Фактическая продолжительность инсоляции на участке в весенне-осенний период составляет 4,5-5,5 часов в день, что превышает нормативное требование (2 часа) и является одним из лучших показателей среди рассмотренных территорий. Высокая инсоляция обусловлена ориентацией главного фасада здания и отсутствием высотных объектов на юге. Доля затеняемой зоны в течение светового дня составляет не более 15-20% (в основном в утренние и вечерние часы), что является низким показателем и позволяет эффективно использовать солнечную энергию.

Низкое альбедо (18,5%) указывает на то, что существующие покрытия участка поглощают около 81,5% падающей солнечной радиации. Это снижает риски перегрева территории в летний период, особенно в дневные часы (12:00-16:00). Открытость небосвода ( $W$ ) на территории составляет 0,3-0,64, что является высоким значением для городской застройки<sup>22</sup>.

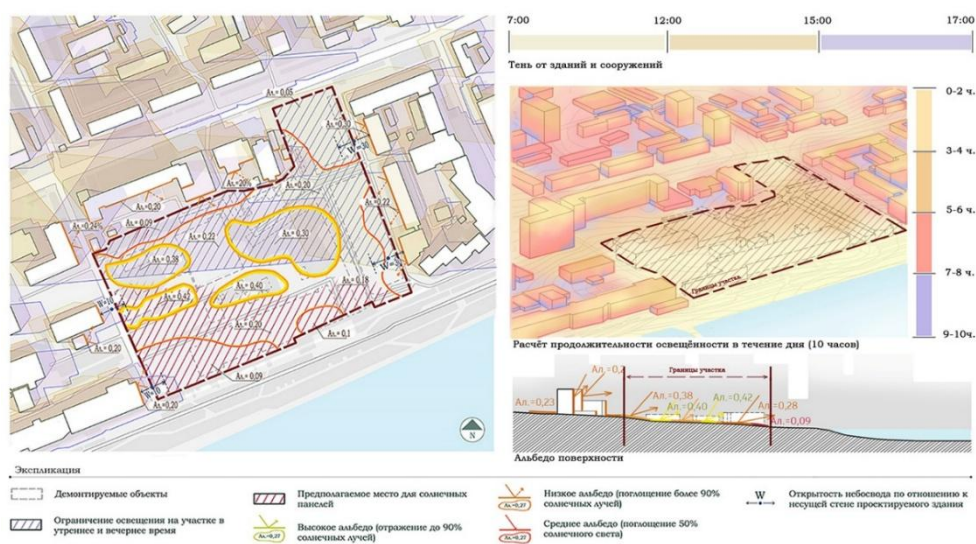


Рис. 9. Схемы трёх проекций (план, разрез, 3D-модель) солнечной радиации на участке по адресу: ул. имени Чернышевского, 94

**Анализ температурного режима:** проведён сбор данных по среднегодовым и сезонным температурам, суточным колебаниям, а также оценено влияние антропогенных источников тепла на формирование «теплового острова» (рис. 10).

<sup>20</sup> Коэффициент открытости небосвода ( $SVF$ ) – это величина, обозначающая долю видимого неба с определённой точки. В городской среде  $SVF$  является ключевым параметром, определяющим микроклимат. Низкий  $SVF$  замедляет охлаждение и нагревание поверхности. Высокий  $SVF$  интенсивно нагревает поверхность днём и быстро охлаждает ночью [9].

<sup>21</sup> Альбедо – это характеристика, показывающая способность поверхности отражать или поглощать солнечное излучение. Низкое альбедо поглощает тепло и усиливает эффект «теплового острова». Высокое альбедо отражает солнечную энергию, снижая нагрев поверхности.

<sup>22</sup> Для сравнения: в центральных районах Саратова (Фрунзенский район) средний  $W$  составляет 0,35-0,45. Высокий  $W$  обусловлен: отсутствием высотных доминант с востока (направление к Волге); достаточными расстояниями между зданиями (расстояние до здания напротив 40 м при его высоте 30 м).

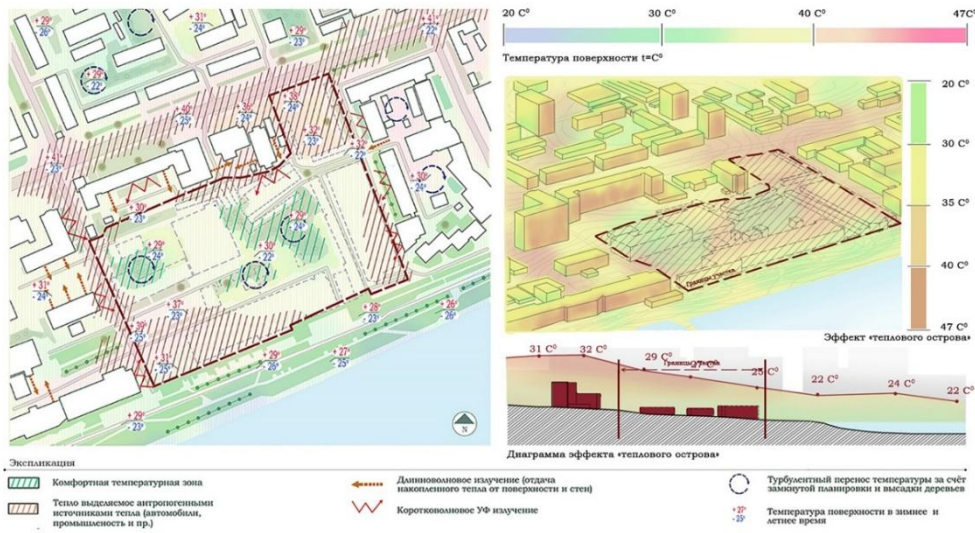


Рис. 10. Схемы трёх проекций (план, разрез, 3D-модель) температуры поверхности на участке по адресу: ул. имени Чернышевского, 94

Определены коротковолновое (УФ) и длинноволновое (инфракрасное) излучения от поверхностей по контуру участка. Выявлены зоны турбулентного переноса тепла во внутренних дворах с замкнутой планировкой и густой посадкой деревьев. Открытость участка с юго-восточной стороны (в направлении Волги) обеспечивает эффективный теплообмен и постоянное обновление воздуха.

**Анализ ветрового режима.** Определены преобладающие направления и скорость летних и зимних ветров, ветровая нагрузка на здание, выявлен риск возникновения эффекта Вентури<sup>23</sup> (рис. 11).

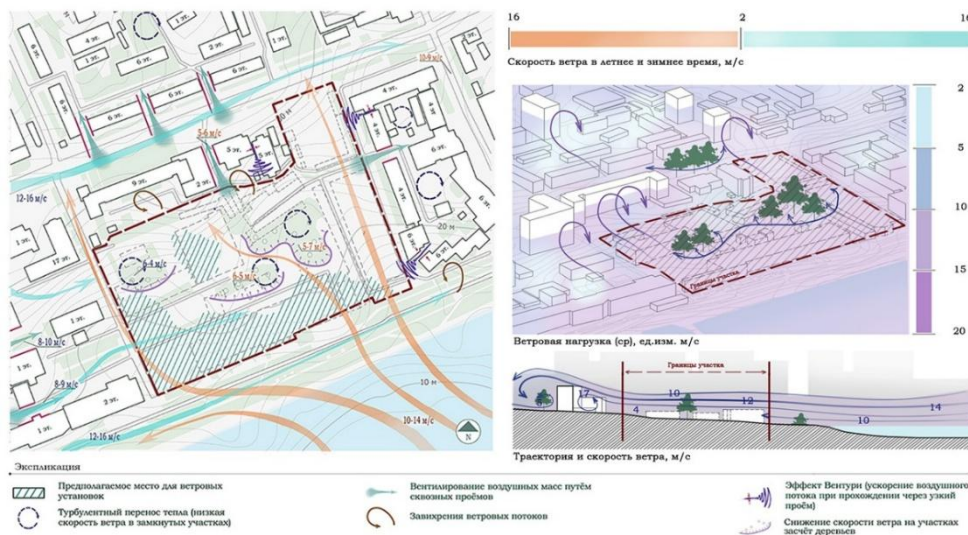


Рис. 11. Схемы трёх проекций (план, разрез, 3D-модель) ветровой нагрузки на участке по адресу: ул. имени Чернышевского, 94

<sup>23</sup> **Эффект Вентури** – явление, при котором ветровые потоки, проходя через сужение между плотно стоящими сооружениями, увеличивают свою скорость. Данное явление вызывает сильные сквозняки, дискомфорт на уровне пешеходных зон, затруднения проветривания участка [10].

Максимальная скорость ветра, зафиксированная в Саратовской области, достигает 24-27 м/с при порывах. Преобладающими направлениями ветра в Саратове являются западное и юго-восточное. В холодный период года (октябрь-февраль) возрастает доля западных и юго-западных ветров.

**Анализ количества осадков:** обобщены данные о годовом количестве осадков, их сезонном распределении, интенсивности ливней и продолжительности снегопадов (рис. 12).

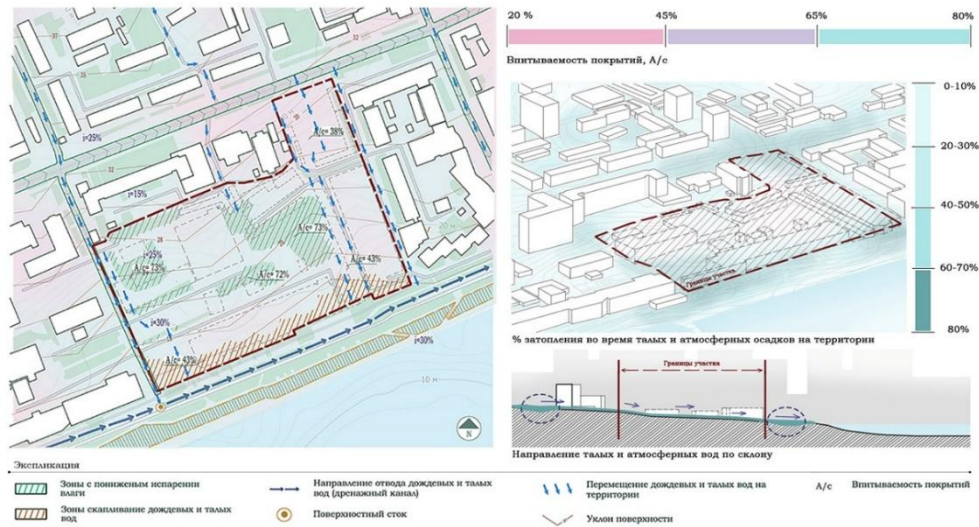
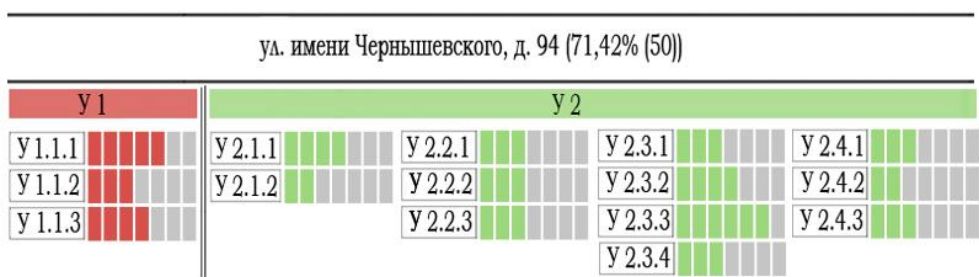


Рис. 12. Схемы трёх проекций (план, разрез, 3D-модель) осадков и затопляемости на участке по адресу: ул. имени Чернышевского, 94

Оценка нагрузки на ливневые стоки проводилась аналогично уровню района. По результатам моделирования с учётом коэффициента шероховатости Manning ( $n = 0,013$  для асфальта,  $n = 0,025$  для газонов) и данных цифровой модели рельефа SRTM (разрешение 30 м) выявлены зоны, подверженные временному затоплению при осадках. Экологические факторы участка оценивались по балльной системе (рис. 13).



\* У1 – Антропогенные факторы; У2 – природные факторы

Рис. 13. Экологическая оценка на уровне участка

Экологическая оценка позволила выявить преимущества и ограничения анализируемой территории: высокий коэффициент открытости небосвода –  $W = 0,3-0,64$ ; продолжительность инсоляции – 4,5-5,5 ч.; интенсивность «теплого острова» умеренная –  $\Delta T = 2,7-3,3^{\circ}C$ ; доля озеленения достаточная – 34%; близкое расположение от набережной р. Волга – 150-200 м.

**Прогнозируемая оценка экологического влияния проектируемого объекта**

В результате предпроектного анализа выявлено возможное влияние строительства и эксплуатации офисного здания на прилегающую территорию.

В **процессе строительства** основными антропогенными факторами могут стать: увеличение уровня шума и запылённости; нарушение почвенного покрова при производстве земляных работ; образование строительных отходов; увеличение транспортной нагрузки за счёт движения грузового автотранспорта и т.п. **При эксплуатации ЗБЦ:** изменение микроклимата (появление дополнительного источника тепла, перенаправление воздушных потоков высотными зданиями, затененность прилегающих территорий, изменение влажности); увеличение нагрузки на инженерные сети (водоснабжение, электроснабжение); изменение гидрологического режима (подтопление территории из-за утечек водопроводов и каналов, изменение уровня подземных вод, образование конденсата, влияние на состояние водных объектов).

Для минимизации возможных рисков и улучшения экологической ситуации при строительстве ЗБЦ был предложен комплекс экомороприятий с учётом природно-климатических и антропогенных факторов (рис. 14).

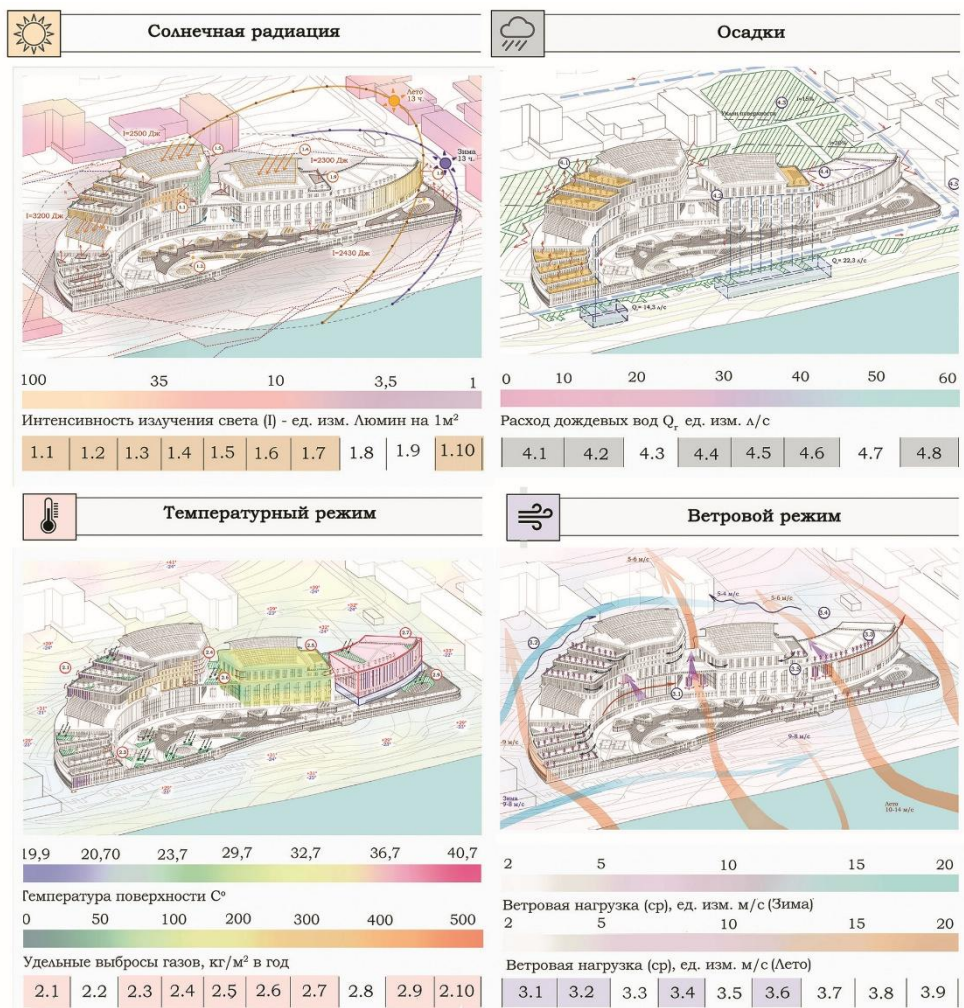


Рис. 14. Экологическая оценка объёмно-планировочных решений ЗБЦ

**При строительстве ЗБЦ:** организация временных подъездных путей с твёрдым покрытием; использование систем пылеподавления; отдельный сбор и утилизация строительных отходов и т.п.

### При эксплуатации:

Контроль **солнечной радиации**: ориентация здания по сторонам света с учётом траектории движения солнца; использование светоотражающих материалов (альбедо более 50%); установка трансформируемых навесов на фасаде, регулирующих инсоляцию в зависимости от времени года; размещение фотоэлектрических панелей веерной конфигурации на эксплуатируемой кровле для выработки возобновляемой энергии; расположение теневых навесов на территории.

Снижение **эффекта «теплового острова»** и улучшение микроклимата: «зелёные» террасы на эксплуатируемой кровле (естественная теплоизоляция); вентилируемые фасады; буферные зоны (тамбуры, переходы); высадка многоуровневых зелёных насаждений (хвойные и лиственные деревья) вдоль границ участка; светоотражающие покрытия тротуаров и проездов (повышение альбедо с 18,5% до 50-60%); подземная парковка.

Контроль **ветровых потоков** и улучшение проветриваемости соседних участков: аэродинамическая форма здания со скруглёнными углами; ленточное расположение пяти корпусов с разрывами для снижения силы ветра; ориентация объёмов согласно преобладающим ветрам; высадка защитных зелёных полос с подветренной стороны (снижение скорости ветра на 30-50%); интеграция ветрогенераторов с вертикальной осью вращения в структуру фасадов.

Для регулирования атмосферных **осадков** и снижения рисков подтопления предусмотрены: система сбора дождевой воды с кровли (подземные инфильтрационные бассейны объёмом 30-50 м<sup>3</sup>); водопроницаемые покрытия парковок и пешеходных дорожек (доля не менее 30% от твёрдых покрытий); дождевые сады (биодренажные системы) в пониженных участках; водосборные колонны на юго-западной стороне фасада; вертикальная планировка участка с уклонами 5-10‰ для направленного отвода воды; водные каналы и фонтаны для регулирования влажности.

В период **эксплуатации** ЗБЦ возможно улучшить следующие экопоказатели:

- снижение выбросов CO<sub>2</sub> на 40-60% за счёт использования возобновляемых источников энергии (солнечные панели, ветрогенераторы), возможность обеспечения накопленной энергией соседних зданий;
- организация подземного паркинга с датчиками CO<sub>2</sub> для контроля выхлопных газов;
- уменьшение «теплового острова» и локального перегрева поверхностей на 10-12 °С;
- регулирование поверхностного стока и снижение нагрузки на городские ливневые стоки за счёт сбора дождевой воды (объём накопления 30-50 м<sup>3</sup>) и водных садов;
- улучшение качества воздуха посредством увеличения зелёных насаждений на 30%;
- повышение качества микроклимата за счёт создания теневых зон для пешеходов, ветрозащитных экранов и регулирования «ветровых» коридоров;
- сохранение биоразнообразия и высадка местных видов растений;
- формирование целостной структуры квартала и панорамы с Набережной р. Волга.

### Выводы

Проведённый сравнительный анализ пяти систем экологической сертификации (LEED ND, BREEAM Communities, DGNB Urban District, GREEN ZOOM Communities) позволил выявить ключевые экологические требования, предъявляемые к территориям.

Разработана система балльной оценки территории с разделением на антропогенные и природные факторы, позволяющая количественно оценить экологичность территории для размещения «зелёного» бизнес-центра.

Предложен алгоритм экологической оценки территории по трём уровням (город, район, участок) на основе методов пространственного анализа в QGIS.

Авторская методика позволяет автоматизировать процесс оценки и обеспечивает сопоставимость результатов для различных территорий.

Апробация алгоритма экологической оценки территории проводилась на уровне города Саратова. Анализ пяти административных районов (Фрунзенского, Октябрьского, Ленинского, Кировского, Заводского) показал, что наилучшие балльные показатели у Октябрьского района. Участок по адресу ул. им. Чернышевского, д. 94 в Октябрьском районе является оптимальным для проектирования экологичного офисного здания на основании выявленных характеристик и показателей.

В ходе исследования выполнена комплексная оценка экологического влияния «зелёного» бизнес-центра на прилегающую территорию. В результате спрогнозированы возможные риски и предложены мероприятия, повышающие экологическую устойчивость городской среды.

### Источник иллюстраций

Рис. 1-14. Авторские схемы.

### Список источников

1. Yoon J., Park J. «Comparative Analysis of Material Criteria in Green Certification Rating Systems and Urban Design Guidelines // 8th Conference of the International Forum on Urbanism. 2015. Vol. 24. С 23-30. DOI:10.3390/ifou-D004
2. Стаменкович М.З. Принципы работы современных программ компьютерного моделирования природно-климатических факторов в структуре информационной модели архитектурного объекта // Architecture and Modern Information Technologies. 2012. № 3(20). С. 172-186. URL: <https://marhi.ru/AMIT/2012/3kvart12/stamenkovic/stamenkovic.pdf> (дата обращения: 19.03.2026).
3. Большеротов А.Л. Основные категории экологической оценки территории строительства // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2022. № 49(1). С. 95-103. DOI: 10.21822/2073-6185-2022-49-1-95-103
4. Меркулова М.Ю. Комплексный мониторинг экологического состояния урбанозёмов по биологическим показателям (на примере г. Саратова) / М.Ю. Меркулова, Е.И. Тихомирова, О.В. Абросимова // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 4. С. 23-84.
5. Козеева О.О. ГИС экологического мониторинга в городской среде // Вестник Череповецкого государственного университета. 2024. № 1. С. 102-110.
6. Воробьёва Т.А. Анализ состояния городской среды с использованием ГИС / Т.А. Воробьёва, Н.Н. Могосова // Intercarto. 2023. № 4. С. 21-29.
7. Чернышова К.М. Проблемы обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды регионального уровня на примере Саратовской области / К.М. Чернышова, А.Р. Толмачёва, В.В. Фролов // Вестник науки. 2024. № 10(79). С. 284-290.

8. Чихута С.А. Обеспечение экологической безопасности в Саратовской области: актуальные проблемы и пути решения // Молодой учёный. 2024. № 50(549). С. 410-414.
9. Сазонов Э.В. Архитектурно-климатический анализ городской среды (на примере г. Воронежа) / Э.В. Сазонов, И.В. Попова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2017. № 4(3). С. 61-69.
10. Трошкова Е.И. Климатические изменения и адаптация городской инфраструктуры в России // Весенние дни науки ИНЭУ: сборник докладов международной конференции студентов и молодых учёных. Екатеринбург: Издательский Дом «Ажур». 2025. № 3. С. 1476-1481.

## References

1. Yoon J., Park J. Comparative Analysis of Material Criteria in Green Certification Rating Systems and Urban Design Guidelines. 8th Conference of the International Forum on Urbanism, 2015, vol. 24, pp. 23-30. DOI:10.3390/ifou-D004
2. Stamenkovich M.Z. The principles of operation of modern programs of computer modeling of natural and climatic factors in the structure of the information model of an architectural object. Architecture and Modern Information Technologies, 2012, no. 3(20), pp. 172-186. Available at: <https://marhi.ru/AMIT/2012/3kvart12/stamenkovic/stamenkovic.pdf>
3. Bolsherotov A.L. The main categories of the environmental assessment of the construction area. Vestnik DGTU. Technical Sciences, 2022, no. 49(1), pp. 95-103. DOI: 10.21822/2073-6185-2022-49-1-95-103
4. Merkulova M.Yu., Tikhomirova E.I., Abrosimova O.V. Complex monitoring of the ecological state of urban soils by biological indicators (on the example of the city of Saratov). Theoretical and Applied Ecology, 2015, no. 4, pp. 23-84.
5. Kozeeva O.O. GIS of Environmental Monitoring in the Urban Environment. Bulletin of Cherepovets State University, 2024, no. 1, pp. 102-110.
6. Vorobyova T.A., Mogosova N.N. Analysis of the Urban Environment Using GIS. Intercarto, 2023, no. 4, pp. 21-29.
7. Chernyshova K.M., Tolmacheva A.R., Frolov V.V. Problems of Ensuring Environmental Safety and Environmental Protection at the Regional Level on the Example of the Saratov Region. Bulletin of Science, 2024, no. 10(79), pp. 284-290.
8. Chikhuta S.A. Ensuring Environmental Safety in the Saratov Region: Current Problems and Solutions. Young Scientist, 2024, no. 50(549), pp. 410-414.
9. Sazonov E.V., Popova I.V. Architectural and climatic analysis of the urban environment (on the example of the city of Voronezh). Housing and communal infrastructure, 2017, no. 4(3), pp. 61-69.
10. Troshkova E.I. Climate change and adaptation of urban infrastructure in Russia. Spring Days of Science at INEU: Collection of Papers from the International Conference of Students and Young Scientists. Yekaterinburg, Publishing House "Azur", 2025, no. 3, pp. 1476-1481.

**ОБ АВТОРАХ****Титаренко Виктория Петровна**

Дизайнер интерьеров, ООО «МАЙД», Казань, Россия

[vika.titarengo.2000@mail.ru](mailto:vika.titarengo.2000@mail.ru)

**Сухинина Елена Александровна**

Доктор архитектуры, доцент, профессор кафедры «Архитектура», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия

[arx-lena@yandex.ru](mailto:arx-lena@yandex.ru)

**ABOUT THE AUTHORS****Titarenko Victoria P.**

Interior Designer, LLC «MAID», Kazan, Russia

[vika.titarengo.2000@mail.ru](mailto:vika.titarengo.2000@mail.ru)

**Sukhinina Elena A.**

Doctor of Architecture, Professor of the Department of Architecture, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, Russia

[arx-lena@yandex.ru](mailto:arx-lena@yandex.ru)

---

Статья поступила в редакцию 20.04.2026; одобрена после рецензирования 05.06.2026; принята к публикации 10.06.2026; опубликована 15.06.2026.