

А.А. ФЕДОРОВСКАЯ¹, Н.П. УМНЯКОВА², Ю.А.СКАСЫРСКАЯ¹, С.Г. ШЕИНА¹

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БАЛАНСА МЕЖДУ МИТИГАЦИЕЙ И АДАПТАЦИЕЙ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИИ

Аннотация. Территориальное планирование и градостроительное проектирование – это комплекс мер по обеспечению устойчивого развития городов и мегаполисов сегодня. Вопросы, связанные с адаптацией к климатическим изменениям в условиях глобального потепления в генеральных планах городов, отображаются односторонне, в виде результатов анализа природно-климатических условий тех или иных территорий. Адаптационные и митигационные мероприятия, находят отражение в планах адаптации городов или паспортах климатической безопасности. Комплексное развитие территорий – это высокоэффективный инструмент формирования комфортной среды жизнедеятельности. Цель исследования – разработка методики, обеспечивающей баланс между адаптацией и митигацией при комплексном развитии территорий. В качестве объекта исследования выбрана территория города Ростова-на-Дону. Методический инструментарий, подобранный для поставленной цели – это адаптированная методика комплексной оценки земель, которая взаимосвязывает разнохарактерную информацию о состоянии городских территорий. Обоснована необходимость подбора мероприятий для снижения негативного влияния проявления климатических изменений. Поэтапная реализация методики продемонстрирована на примере проекта здания общеобразовательного учреждения, размещенного на территории комплексного развития в городе Ростове-на-Дону.

Ключевые слова: климат, адаптация городов, климат города, КРТ, комплексная оценка территории, энергоресурсосбережение, умное здание, митигация, климатическая адаптация

A.A. FEDOROVSKAYA¹, N.P. UMNIAKOVA², YU.A. SKASYRSKAYA¹, S.G. SHEINA¹

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

² Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow, Russia

METHODOLOGY FOR ENSURING A BALANCE BETWEEN MITIGATION AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN THE INTEGRATED DEVELOPMENT OF THE TERRITORY

Abstract. Territorial planning and urban design are a set of measures to ensure the sustainable development of cities and megacities today. Issues related to adaptation to climate change in the context of global warming are reflected in city master plans in a one-sided manner, based on analyses of the natural and climatic conditions of specific areas. Adaptation and mitigation measures are reflected in city adaptation plans or climate safety passports. Integrated development of territories is a highly effective tool for creating a comfortable living environment. The purpose of the study is to develop a methodology that ensures a balance between adaptation and mitigation in the integrated development of territories. The territory of the city of Rostov-on-Don was chosen as the object of the study. The methodological toolkit selected for this purpose is an adapted methodology for integrated land assessment, which interconnects diverse information about the state of urban territories. The need to select measures to reduce the negative impact of climate change is substantiated. The step-by-step implementation of the methodology is demonstrated on the example of a project for a general education institution building located on the territory of integrated development in the city of Rostov-on-Don.

Keywords: climate, urban adaptation, city climate, KRT, integrated territory assessment, energy conservation, smart building, mitigation, climate adaptation

1. Введение

Основными предпосылками необходимости климатической адаптации и митигации городов являются не только сложности в управлении, связанные с учетом всех особенностей их развития, но и рост подверженности и уязвимости территорий при наступлении опасных либо экстремальных погодных явлений. Зачастую при осуществлении градостроительной политики глобальные климатические изменения не учитываются, либо носят локальный (рекомендательный) характер [1]. Учет природно-климатических условий и опасных метеорологических явлений производится при осуществлении территориального планирования и градостроительного проектирования урбанизированных территорий в нормативном документе СП 42.13330.2011 [2] согласно Приказу [3]. Согласно Градостроительному кодексу [4] расчет минимальных показателей обеспечения комфортной среды жизнедеятельности человека и включение их в региональные нормы проектирования осуществляется соответственно климатическим характеристикам каждого конкретного субъекта Российской Федерации. Речь идет о существующих климатических характеристиках, учитываемых при проектировании [2,4]:

- планировочной структуры городов;
- радиусов обслуживания объектов социальной инфраструктуры;
- объектов озеленения общественных пространств и прочее.

Адаптация к изменениям климата и оценка последствий этих изменений в условиях урбанизированных территорий учитываются при разработке паспортов климатической безопасности, либо стратегических планов климатической адаптации на региональном уровне. В этих стратегических документах учитываются особенности городской среды, а также проблемы, связанные с климатическими изменениями. В настоящее время можно выделить следующие успешные планы климатической адаптации для городов по степени своей проработанности:

1. Проект распоряжения Правительства Москвы «Об утверждении перечня мероприятий по адаптации города Москвы к климатическим изменениям» [5].
2. Региональный план адаптации Санкт-Петербурга к изменениям климата с мониторингом реализации мероприятий и ежегодной реализацией [6].

Однако, не все регионы Российской Федерации и города обеспечены методическим инструментарием сопровождения, оценки и учета климатических рисков в рамках территориального планирования и градостроительного проектирования. Под особенностями развития городов понимается такое сочетание компонентов городской среды:

- многокомпонентная пространственная структура – жилые здания, социальная инфраструктура, транспортная инфраструктура, инженерная инфраструктура и т.д. [7];
- специфическая городская среда – зеленый каркас, водный каркас, природный ландшафт и особенности рельефа, историко-культурная среда (памятники истории и культуры), архитектурные формы и т.д. [8-10].
- геоэкологическое состояние территории – загрязнение воздуха, воды и почв, шумовое загрязнение, инженерно-геологические условия территории, зоны подтопления [11].

Данные компоненты городов существуют взаимосвязано, а именно архитектурные объекты (искусственные объекты), городское население и гео- и биосфера Земли. Исходя из вышесказанного можно было бы применить к городской территории и ее оценке такой подход как «поликритериальность», так как параметров, характеризующих ее множество. Однако, этого может быть недостаточно, соответственно, система должна быть многоуровневой «город-район(микрорайон)-квартал-здание(объект)». Городская территория и ее процессы рассматриваются с разных точек зрения учеными из разных областей: экономистами, проектировщиками, девелоперами и архитекторами, что еще больше подчеркивает ее многоаспектность [12,13].

Все компоненты городской среды влияют на качество жизни человека и комфортность его жизнедеятельности. Нельзя игнорировать глобальные изменения климата, и адаптацию к ним, которая во многих странах уже стала частью социально-экономической политики и нацелена на снижение экологических рисков и угроз [14-16].

Для городских территорий и мегаполисов адаптационные и митигационные меры должны отображаться в региональных и отраслевых планах адаптации [17-19] в таблице 1 перечислены основные документы, утвержденные на законодательном уровне.

Таблица 1 - Систематизация мероприятий для адаптации и митигации в условиях изменений климата

Нормативный документ	Год	Уровень управления/отрасль	Меры, отображаемые в документе в области строительства и градостроительства
План адаптации к изменениям климата отрасли - здравоохранения	2021	Федеральный, Отраслевой/здравоохранение	1. Энергоресурсосбережение зданий и помещений, модернизация сетей и автономное энергоснабжение. 2. Реконструкция, ремонт и реставрация зданий с применением технологий, устойчивых к атмосферным воздействиям; 3. Внедрение современных систем вентиляции и кондиционирования в медицинские здания и учреждения [17].
План адаптации к изменениям климата в области транспорта	2022	Федеральный Отраслевой/транспорт	1. Совершенствование нормативов строительства, проектирования и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры с учетом изменения климата; 2. Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры, находящихся в зонах, подверженных, уязвимых к климатическим изменениям и рискам; 3. Внедрение и апробация инновационных строительных материалов (и добавок к ним) при ремонте и дальнейшей эксплуатации дорог [18] и прочие.
План адаптации к изменениям климата в сферах строительства, теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения Российской Федерации	2021	Федеральный Отраслевой/строительство	1. Разработка методов обследования объектов инженерной инфраструктуры по проведению ремонта и восстановления; 2. Систематизация и анализ информации о количестве отказов и аварий на объектах теплоснабжения и водоснабжения [19].

В последние пять лет управление и обеспечение комфортной городской среды осуществляется через комплексное развитие территорий (далее – КРТ) [20]. Сам механизм КРТ берет свое начало после утверждения Федерального закона от 30.12. 2020 № 494-ФЗ и позволяет осуществлять реконструкцию городской застройки вне зависимости от формы собственности (для частной и муниципальной). КРТ представляет собой комплекс мероприятий по строительству, частичной или полной реконструкции жилого фонда (сноса

ветхого или аварийного жилья), а также благоустройства. Минстрой России совместно с ДОМ.РФ и КБ «Стрелка» разработали методологическую основу оценки территории для развития КРТ в виде стандартов для:

- развития застроенных территорий [21],
- освоения свободных территорий [22].

А также для выбора перспективных территорий предлагается «Руководство по реализации проектов» [23], определяющие критерии выбора места для КРТ.

Цель исследования – разработка методического инструментария выбора места для КРТ с учетом адаптации и митигации к изменениям климата.

В качестве объекта исследования рассматривается территория города Ростова-на-Дону.

Предметом исследования является совокупность характеристик территории города Ростова-на-Дону, представляемая в виде системы оценочных критериев для уровня оценки «Город».

Стоит отметить, что баланс между адаптацией и митигацией в условиях изменения климата требует тщательного анализа существующей ситуации на территории Российской Федерации. Митигация (от англ. mitigation – смягчение) – стратегическое направление развития энергетической, градостроительной и региональной политики, направленное на значительное снижение выбросов парниковых газов [24]. В условиях КРТ – это применение энергоресурсосберегающих технологий [25]. А адаптация — это мероприятия, направленные на приспособление территории к неблагоприятным последствиям изменения климата. В рамках рассматриваемой проблемы – это инженерно-геологические, экологические и инфраструктурные риски и проблемы городской среды [26].

Для определения места климатических изменений и адаптации к ним в разделе «Материалы и методы» будет произведен подробный анализ этих Стандартов Минстроя для КРТ, а также представлен предлагаемый авторами методический инструментарий к оценке территории города.

2. Модели и методы

Современные методологические подходы к оценке многоуровневых систем таких как город выделяют следующие:

1. Системный подход.
2. Комплексный подход.
3. Интуитивный подход
4. Техничко-экономический подход.

Для высокоурбанизированных территорий наиболее применяемыми учеными являются комплексный и системный подходы [7,8,11,12], при этом в качестве единиц измерения результатов могут быть как финансовые показатели социально-экономических эффектов территории, так и балльные оценки, имеющие лингвистическое описание уровней этих оценок. В рамках представленного исследования предлагается системный подход к оценке города. Уровень оценки – город. Методика, адаптируемая под задачу исследования – комплексная оценка территории.

Многокритериальная комплексная оценка земель берет свое начало в трудах С.И. Кабаковой [27] и эволюционируют в трудах А.П. Ромма, М.А. Сибликовой и других авторов [28-31], а также совершенствовалась у других ученых, использующих математические модели при оценке природно-ландшафтных и экологических характеристик территории [24,25]. В роли эффективного инструментария реализации комплексной оценки территории выбираются геоинформационные системы, предназначенные не только для систематизации всех факторов, но и для осуществления последующего моделирования [30-35].

В первую очередь стоит проанализировать критерии из Стандартов КРТ [21-23].

В обобщенном виде перечислены следующие критерии при КРТ (таблица 2 и 3).

Таблица 2 - Система критериев из Стандартов Минстроя КРТ для застроенных территорий

Критерии для развития застроенных территорий	
Критерий	Описание или ед. измерения
Тип застройки	Историческая, уникальная, общественно-деловая и прочие
Доля помещений объектов общественно-деловой инфраструктуры от общей площади застройки территории	%
Плотность застройки территории	м ² /га
Плотность населения	чел./га
Плотность улично-дорожной сети	км/км ²
Ширина улиц	м
Площадь квартала (максимальная)	м ²
Площадь застройки квартала	м ²
Этажность	Малоэтажная Среднеэтажная Индивидуальная

Таблица 3 - Система критериев предпроектного анализа из Стандартов Минстроя КРТ для свободных земель

Критерии для освоения свободных земель	
Определение точек притяжения	
Критерий (доступность/близость)	Описание или ед. измерения
Транспортная инфраструктура	Аэропорты, ТПУ, вокзалы и т.д.
Объекты административно-делового и производственного назначения	Общественно-деловой центр; администрация города, технопарки и НИИ и т.д.
Объекты культуры, досуга и отдыха	Театры, музеи, выставочные залы; концертные залы, объекты спорта и т.д.
Объекты образования	Детские сады, школы, ВУЗы и т.д.
Объекты здравоохранения	Клиники, больницы, поликлиники, реабилитационные и диагностические центры и т.д.
Объекты торговли и услуг	Торговые центры, магазины, аптеки и т.д.
Исследования и характеристики территории	
Градостроительные исследования	Схема ПЗЗ, схема ЗОИУТ, схема размещения инженерной инфраструктуры и т.п. [22]
Геология и геодезия	Топография, рельеф, поверхностные и грунтовые воды, грунт и т.д.
Гидрометеорология и экология	карта ветра; температурная карта; влажность, осадки, инсоляция
Историко-культурная ценность	Объекты культурного наследия и особо охраняемые территории
Социологические исследования	Анализ потребности граждан (соцопрос)
Экономические исследования	Социально-экономический прогноз, анализ рынка недвижимости, административные ограничения и т.д. [22]

Проанализировав Стандарты КРТ [21,22], можно отметить, что информация, собираемая на предпроектном этапе разнохарактерная, и, объективно, не учитывается информация о климатических изменениях и проблемах, которые могут быть вызваны в связи с этими изменениями.

Анализ зарубежного опыта в освоении территорий в условиях плотной городской застройки авторов [36-38] демонстрирует важность таких параметров как: состояние

городских территорий, водные объекты и их состояние, риск катастроф и опасных природных явлений и состояние окружающей среды. Данные параметры вносятся в единую систему, которая получила название «Модель комплексной максимальной нагрузки на город (UCCC – Urban Comprehensive Carrying Capacity)» [38].

Для обеспечения сбалансированного развития территории при разработке проекта и выбора места КРТ разработана методика обеспечения баланса между митигацией и адаптацией к изменениям климата (рисунок 1).

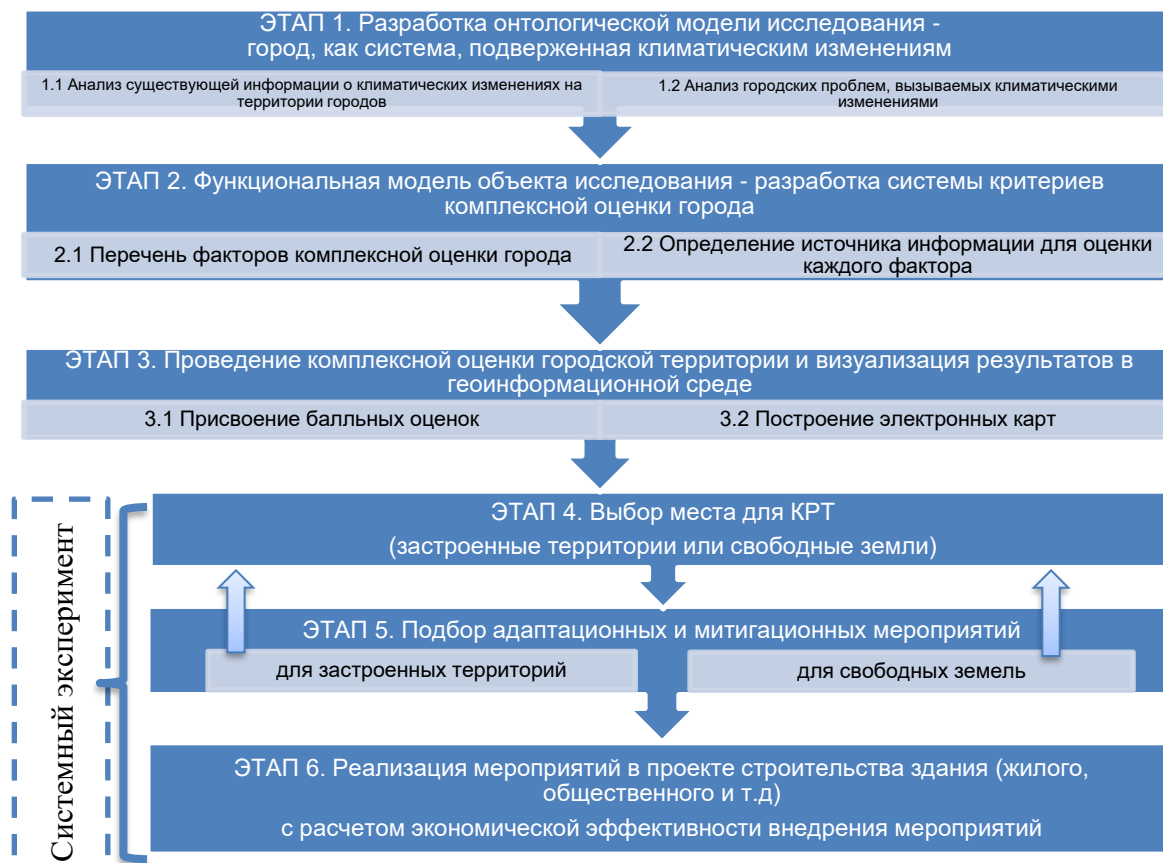


Рисунок 1 – Методика обеспечения баланса между митигацией и адаптацией к изменениям климата при комплексном развитии территории

Суть разработки методики заключается в следующих ее особенностях:

1. пошаговая систематизация информации о климатических изменениях, экологическом состоянии и инфраструктурном потенциале застройки для КРТ.
2. интеграция разнохарактерных параметров (из разных областей и источников данных), показателей состояния территории города в единой системе – адаптированной методике комплексной оценки территории, визуализированной в геоинформационной среде (далее – ГИС).
3. интерпретация результатов и принятие решения о выборе местоположения КРТ с учетом митигации и адаптации к климатическим изменениям (в среде ГИС).

Методологическая база исследования, позволяющая адаптировать методику комплексной оценки территории, основана на работах авторов [26,28,31,36]. Адаптированная комплексная оценка, как методический инструмент, обеспечивает систематизацию пространственных данных для анализа городской территории, и ее основных характеристик. Основные подсистемы факторов комплексной оценки территории это:

- социально-экономическая подсистема;
- экологическая подсистема;

— климатические риски и митигация.

Территория города разбивается на оценочные участки (согласно кадастровому делению) либо по микрорайонам (согласно риэлторскому делению) и производится массовая оценка этих характеристик путем сравнения относительно друг друга. Каждый оценочный фактор оценивается в баллах в пределах шкалы от 0 до 1. Для осуществления КРТ предложена следующая система факторов комплексной оценки, представленная в таблице 4.

Таблица 4 - Критерии относительной ценности при КРТ

№ п/п	Подсистема	Критерии относительной ценности	Обозначение	Балл
1	Социально-экономическая	Доступность центра города	K1	0...1
2		Уровень инженерного обустройства (коммуникации, транспорт)	K2	0...1
3		Уровень развития сферы культурно-бытового обслуживания населения	K3	0...1
4	Экологическая	Состояние окружающей среды	K4	0...1
5		Инженерно-геологические условия, влияющие на строительство	K5	0...1
6		Озеленение территории [39]	K6	0...1
7	Климатические риски и митигация	Оценка усредненной температурной аномалии на территории (городской остров тепла) [40]	K7	0...1
8		Пылевое загрязнение	K8	0...1
9		Предприятия и количество выбрасываемых ими загрязнений	K9	0...1

Результатом комплексной оценки территории города является серии электронных карт по девяти факторам, позволяющие массово производить пространственный анализ и осуществлять выбор мест (свободных для освоения) для размещения КРТ, либо развивать существующую застройку в рамках таких проектов. Пошаговая реализация и описание комплексной оценки территории представлена в следующем разделе на примере города Ростова-на-Дону.

3. Результаты исследования и их анализ

Первый этап - разработка онтологической модели исследования - город, как система, подверженная климатическим изменениям. Необходимо в рамках этапа произвести оценку климатических изменений рисков и угроз. Уровень оценки – город.

Согласно докладу Росгидромета [41] и рейтингу регионов по необходимости адаптации, составленному авторами исследования [42] для Ростовской области ключевыми рисками являются:

- волны жары;
- засуха;
- водный стресс (нехватка воды в особенности в засушливый период).

Годовой график изменения температуры города Ростова-на-Дону, представлен на рисунке 2, согласно которому видна тенденция увеличения температуры за последние пятнадцать лет.

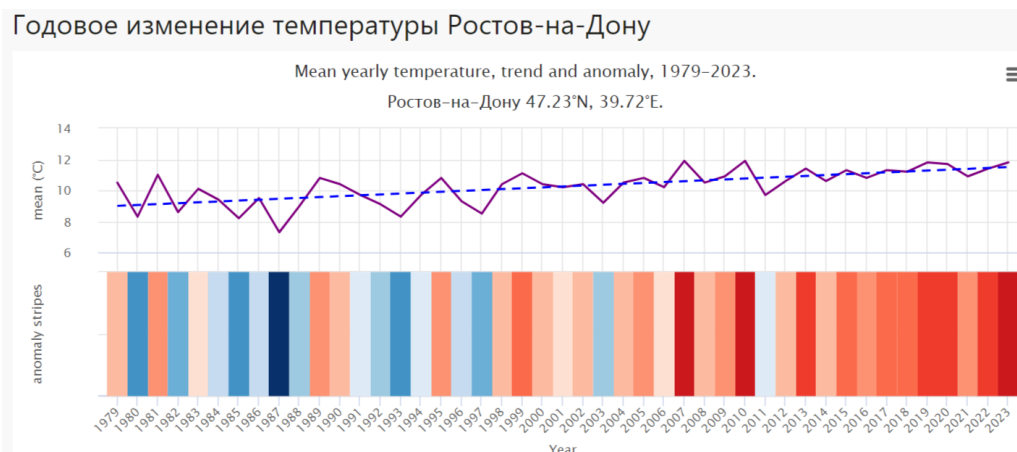


Рисунок 2 – График годового изменения температуры (заимствован из источника – Портал Meteoblue - <https://www.meteoblue.com>)

Верхний график в виде синей пунктирной линии – это тенденция роста температур в условиях климатических изменений за последние годы. Красные полосы в нижней части графика – это более «теплые» годы. На приведённом графике (рисунок 3) показано среднегодовое количество осадков в регионе Ростов-на-Дону. Согласно графику, заметно значительное снижение количества осадков, коричневые линии внизу графика характеризуют засушливые периоды в эти годы.

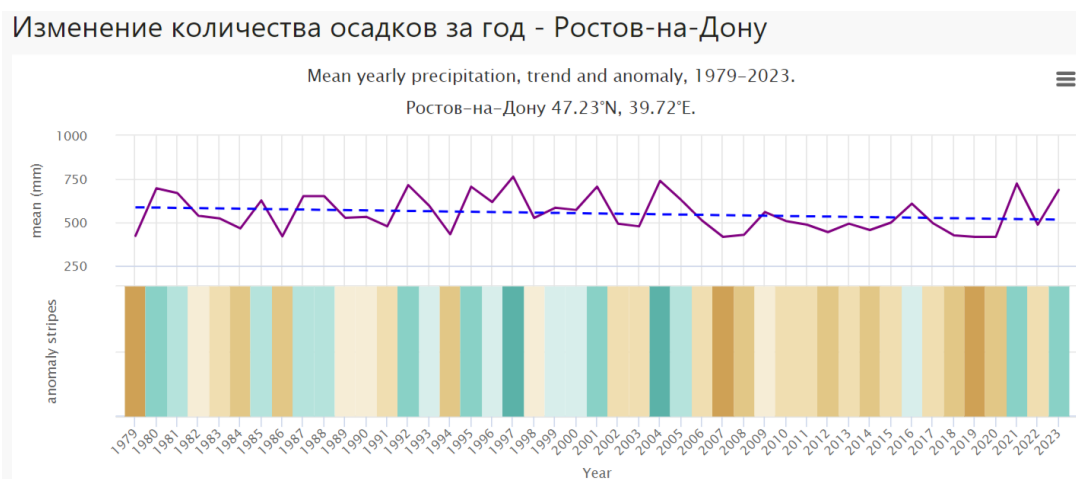


Рисунок 3 – График годового изменения количества осадков (заимствован из источника – Портал Meteoblue - <https://www.meteoblue.com>)

На территории города с помощью данных дистанционного зондирования земли авторами исследования [43] выявлены зоны «тепловых аномалий», то есть аномалий теплового поля города, на которых наблюдается тенденция увеличения температуры в теплое время года. Базируясь на данных этого исследования, можно внедрить этот фактор в методику комплексной оценки территории.

Второй этап - Функциональная модель объекта исследования - разработка системы критериев комплексной оценки города. Уровень оценки – город.

Комплексная оценка производится по девяти факторам, каждый из которых оценивается в пределах от 0 до 1. Территория города Ростова-на-Дону развивается на оценочные участки. В данном исследовании за оценочные участки принимается «риэлторское» деление территории по районам. В данном случае деления районы представляются не так укрупненно, как административные, но при этом достаточно

информативно отображают информацию о состоянии участков-микрорайонов. По каждому фактору путем линейной интерполяции производится сравнительный анализ каждого участка относительно друг друга. Расширенная информация о процессе оценки представлена в таблице 5.

Третий этап - проведение комплексной оценки городской территории и визуализация результатов в геоинформационной среде. Уровень оценки – город.

Пример карты комплексной оценки территории Ростова-на-Дону по фактору «Предприятия и количество выбрасываемых ими загрязнений» представлен на рисунке 4, а расшифровка районов отображена в таблице 6.

Таблица 5 - Процесс оценки городской территории при КРТ

Критерии относительной ценности	Значение	Балл	Описание	Обоснование оценки	Источник данных
Доступность центра города	ядро общегородского центра	1	Зона центра города (административный центр города)	Пространственный анализ территории в связи с принятыми радиусами доступности. Доступность исторического центра и культурной жизни города.	Данные из Yandex, OpenStreetmap (далее - OSM), интегрированные в QGIS
	800-метров от административного центра-ядра города	0,5	10-ти минутная пешая доступность		
	1600-метров от административного центра-ядра города	0,25	20-ти минутная пешая доступность		
Уровень инженерного обустройства (коммуникации, транспорт) Сумма по 6 показателям	0-3	0,25	Удовлетворительно	1.обеспеченность водоснабжением (0 – отсутствует 1 - есть) 2.обеспеченность канализацией (0 – отсутствует 1 - есть) 3.обеспеченность электроснабжением (0 – отсутствует 1 - есть) 4.наличие транспортно-пересадочных узлов (0 – отсутствует 1 - есть) 5.разновидность доступного транспорта (0 – отсутствует 1 - есть) 6.состояние и развитость пешеходных дорожек и тротуаров (0 – отсутствует 1 - есть)	Данные из генерального плана города, OSM, интегрированные в QGIS
	3-6	0,5	Хорошо		
	6	1	Наиболее благоприятно		
Уровень развития сферы культурно-бытового обслуживания населения	0%	0	Плохо	Показатель определяется радиусами обслуживания населения данными объектами и предприятиями обслуживания жилой застройки по СП 42.13330.2016.	Данные из Яндекс-карт, интегрированные в QGIS
	25%	0,25	Удовлетворительно		
	50%	0,5	Хорошо		

Продолжение Таблицы 5

	75%	0,75	Благоприятно		
	100%	1	Наиболее благоприятно		
Состояние окружающей среды (Индекс загрязнения воздуха - ИЗА)	> 13	0	очень высокое загрязнение	Оценка участков проводится с использованием индекса загрязнения атмосферы (ИЗА).	Карта загрязнения воздуха по В.В. Приваленко. [44]
	от 8 до 13	0,5	высокое загрязнение		
	от 5 до 8	0,75	повышенное загрязнение		
	менее 5	1	низкое загрязнение		
Инженерно-геологические условия, влияющие на строительство (категории геологического риска)	Неопасная	0	Неопасная	На каждом оценочном участке составлен процент зоны риска территории на 1 м ² полигона на основе пространственного анализа города	Карты геологического риска [45]
	Малоопасная	0,33	Малоопасная		
	Опасная	0,66	Опасная		
	Чрезвычайно опасная	1	Чрезвычайно опасная		
Озеленение территории (Процент озеленения площади полигона)	0%	0	Плохо	На каждом оценочном участке составлен процент озеленяемой площади территории на 1 м ² полигона на основе пространственного анализа города	Данные из OSM интегрированные в QGIS
	25%	0,25	Удовлетворительно		
	50%	0,5	Хорошо		
	75%	0,75	Благоприятно		
	100%	1	Наиболее благоприятно		
Оценка усредненной температурной аномалии на территории (городской остров тепла, процент от площади полигона)	0%	0	Неопасный уровень	На каждом оценочном участке составлен процент площади территории с аномалией тепла на 1 м ² полигона на основе пространственного анализа города	Исследование по данным ДЗЗ [43]
	25%	0,25	Умеренно опасный уровень		
	50%	0,5	Опасный уровень		
	75%	0,75	Весьма опасный уровень		
	100%	1	Чрезвычайно опасный уровень		
Пылевое загрязнение	0%	0	Неопасный уровень	Данные собраны согласно с полями максимальных приземных концентраций от суммации выбросов азота диоксида и азота оксида, мазутной золы, серы диоксида и прочих примесей от основных энергоисточников г. Ростова-на-Дону	Экологический вестник Дона [46]
	25%	0,25	Умеренно опасный уровень		
	50%	0,5	Опасный уровень		
	75%	0,75	Весьма опасный уровень		
	100%	1	Чрезвычайно опасный уровень		
Предприятия и количество выбрасываемых ими загрязнений	0%	0	Неопасный уровень	Данные собраны согласно с полями максимальных приземных концентраций от суммации выбросов азота диоксида и азота оксида, мазутной золы, серы диоксида и прочих примесей от основных энергоисточников г. Ростова-на-Дону	Экологический вестник Дона [46]
	25%	0,25	Умеренно опасный уровень		
	50%	0,5	Опасный уровень		
	75%	0,75	Весьма опасный уровень		
	100%	1	Чрезвычайно опасный уровень		

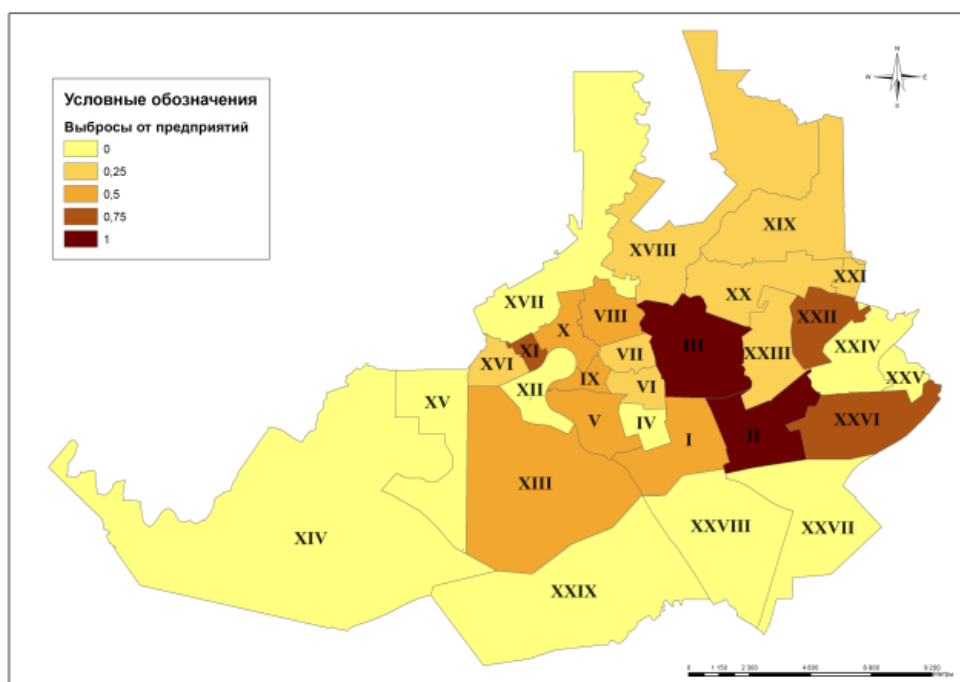


Рисунок 4 – Предприятия и количество выбрасываемых ими загрязнений

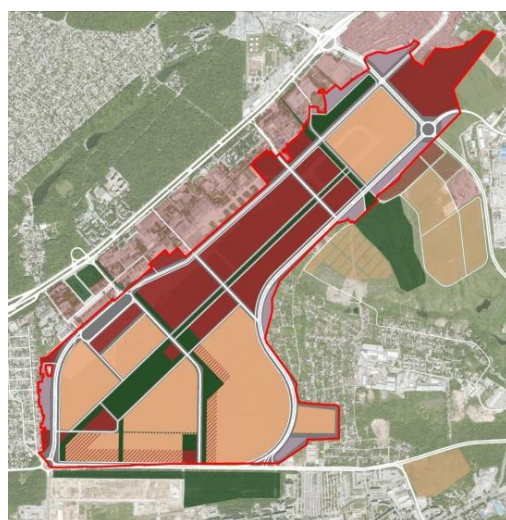
Таблица 6 - Условные обозначения карты комплексной оценки города

Номер оценочного участка	Название
I	Центр
II	Нахичевань
III	Ворошиловский
IV	Комсомольская площадь
V	Новое поселение
VI	Нансена
VII	Каменка
VIII	Вавилова
IX	Зоопарк
X	Военвед
XI	Болгарстрой
XII	Змеевская балка
XIII	Железнодорожный район
XIV	Советский
XV	ЗЖМ
XVI	Стройгородок
XVII	Суворовский
XVIII	Северный (СЖМ)
XIX	Ростовское море
XX	Чкаловский
XXI	Туполева
XXII	2 поселок Орджоникидзе
XXIII	Сельмаш
XXIV	Аэропорт
XXV	Кирпичный завод
XXVI	Александровка
XXVII	Зеленый остров
XXVIII	Левобережный
XXIX	2-ая Луговая

Четвертый, пятый и шестой этапы объединены в Блок – системный эксперимент, в котором осуществляется выбор КРТ и подбор адаптационных и митигационных мероприятий для этого места.

Четвертый этап - выбор места для КРТ (застроенные территории или свободные земли). Уровень оценки – город.

В результате анализа местом КРТ выбрана территория старого аэропорта на проспекте Шолохова (участок XXIV) [47]. Схема функционального зонирования территории, подлежащей комплексному развитию отображена на рисунке 5.



Условные обозначения:

	– граница комплексного развития территории;
	– жилая зона;
	– зона смешанной и общественно-деловой застройки*;
	– общественно-деловая зона;
	– зона инженерной и транспортной инфраструктуры;
	– зона транспортной инфраструктуры (зона улично-дорожной сети);
	– зона озелененных территорий общего пользования.
* Предполагается размещение многоквартирных жилых домов с объектами обслуживания жилой застройки во встроенных, пристроенных и встроенно-пристроенных помещениях и отдельно стоящих объектах общественно-делового назначения.	

Рисунок 5 – Функциональное зонирование выбранной территории

Пятый этап - подбор адаптационных и митигационных мероприятий для свободных земель. Уровень оценки – микрорайон, квартал.

Обобщая опыт региональных планов адаптации все мероприятия можно разделить на две группы, которые можно использовать как митигационные:

- 1) Мероприятия для территории города;
- 2) Мероприятия для здания.

Таблица 7 - Мероприятия для митигации и адаптации в условиях изменения климата

План адаптации регионов	Мероприятия для территории города	Мероприятия для здания
Вологодская область Белгородская область Волгоградская область Кемеровская область	1) Перевод котельных на природный газ; 2) Оптимизация деятельности по раздельному сбору и утилизации ТКО (твердых коммунальных отходов). 3) Оптимизация выбора технологии работы со скользкостью; 4) Развитие городского электротранспорта; 5) Разработка системы инжиниринга зеленой инфраструктуры городских урбобиоценозов 6) Реализация программы энергосбережения и энергоэффективности; 7) Пересмотр нормативов по теплосопотвлению и отоплению	1) Реконструкция и полная замена котельного оборудования в государственных учреждениях; 2) Внедрение энергосберегающих мероприятий в учреждениях 3) Теплоизоляция ограждающих конструкций учреждений 4) Терморегуляторы, термоэкраны и другие термоотражающие материалы в государственных учреждениях. 5) Применение технологий диспетчеризации «Умное здание» [48].

В случае, если мероприятия заведомо применять нецелесообразно с экономической или технической точки зрения, предлагается вернуться на предыдущий этап и выбрать территорию для осуществления КРТ заново.

Шестой этап - реализация мероприятий в проекте строительства здания с расчетом экономической эффективности внедрения мероприятий. Уровень оценки – здание. Рассмотрим возможности внедрения технологий «Умное здание» при разработке проекта общеобразовательного учреждения на территории старого аэропорта в городе Ростове-на-Дону.

Концепцией «климатический нейтральных зданий» предполагается применение энергоэффективных технологий, экологичных материалов и выходящих на «нулевой энергобаланс» [47,48]. Предлагается ввести в проект строительства общеобразовательного учреждения систему диспетчеризации, которая обеспечивает централизованный мониторинг и управление всеми инженерными системами при эксплуатации здания [49].

Здание школы на 600 мест пятиэтажное – 4 надземных и 1 подвальный этаж, двухсекционное Н-образной и Г-образной формы. Размеры в осях проектируемого здания представлены в таблице 8. Здание общеобразовательного учреждения - каркасно-монолитное с несущими наружными трёхслойными стенами из газобетонных блоков, минераловатного утеплителя, облицованных кирпичом. Высота первого и второго этажей составляет 3,9 м, третьего – 4,02 м, а подвального этажа – 2,7 м.

Таблица 8 - Размеры здания общеобразовательного учреждения

Наименование блока	Форма	Оси	Размер (м)
Блок А	Н-образная	1-30 / А-Т/1	74,8 х 77,0 м.
Блок Б	Г-образная	1-28 / Т-Я	35,0 х 64,5м.

Для заданного здания рассчитано внедрение системы диспетчеризации СДК «Кристалл» [50]. В укрупненном виде расчет стоимости установки системы диспетчеризации СДК «Кристалл» в ценах 2025 года выглядит следующим образом (таблица 9).

Таблица 9 - Расчет стоимости установки системы диспетчеризации

Обозначения	Характеристика	Цена с НДС, руб.
СДК-330S1 (TCP/IP)	Пульт диспетчера на базе ПЭВМ	105000
СДК-33	Блоки сопряжения пульта с блоками контроля по двухпроводной линии	324870
СДК-31	Блоки контроля S. Связь с пультом диспетчера через блок сопряжения по двухпроводной линии. Длина линии связи до 5000 м.	601524
СДК-31	Блоки контроля S1. Связь с пультом диспетчера через локальную сеть или интернет.	772812
JSB 62.0	Кнопка вызова со шнурком	3600
СДК-037K1, СДК-037K1.2, СДК-037K1.M	Комплект зоны безопасности МГН (адаптер, оповещатель, переговорное устройство с кнопкой отключения оповещателя)	26070
Команда монтажников ООО «Кристалл»	Монтаж оборудования, пусконаладочных работ, обучения персонала	3000000
Итого		4833876

Затем были произведены расчеты экономической эффективности внедряемой инновационной технологии для эксплуатационной фазы здания, результаты продемонстрированы в таблице 10.

Таблица 10 - Экономическая эффективность установки системы диспетчеризации

Показатель	Единица измерения	Значение
Чистый дисконтированный доход	руб.	216 120,14
Индекс доходности	-	1, 01
Внутренняя норма доходности	%	30
Срок окупаемости	год	8

Исходя из приведенного расчета, можно сделать вывод, что внедрение системы являются недостаточно экономически эффективными, однако, эффективность их предполагается в основном на эксплуатационной фазе здания. Внедряемые системы управления с датчиками движения контролируют:

- состояние и работу инженерного оборудования;
- диспетчерскую связь;
- параметры инженерных систем.

4. Заключение

1. Разработка методики обеспечения баланса между митигацией и адаптацией к изменениям климата при комплексном развитии территории обусловлена отсутствием в генеральных планах городов и стандартах оценки территории на предпроектной стадии климатических рисков и изменений.

2. Формирование комфортной среды жизнедеятельности в условиях снижения климатических рисков и угроз возможно при комплексном подходе к выбору территории для КРТ с учетом мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность и баланс энерго-ресурсо-потребления.

3. Адаптация методики комплексной оценки территории путем введения критериев, отвечающих за климатические изменения, способствуют принятию эффективных градостроительных решений.

4. Разработанная методика позволяет учитывать не только особенности территорий, но и осуществлять подбор и внедрение адаптационных и митигационных мероприятий.

5. Благодарности

Работа выполнена в рамках ФНИ 3.1.4.1 «Разработка научных основ энергетической концепции формирования городской среды обитания человека при ее реконструкции» НИИСФ РААСН. Работа подготовлена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гашо Е.Г., Булгаков Н.С., Шкуро Ю.Д. Оценка энергетических эффектов модернизации зданий и микрорайонов в процессе реновации // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 196-199.
2. СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-8
3. Приказ Минрегиона России от 26.05.2011 № 244 «Об утверждении Методических рекомендаций по разработке проектов генеральных планов поселений и городских округов».
4. Градостроительный кодекс РФ.
5. План мероприятий по адаптации города Москвы к климатическим изменениям. Официальный городской портал г. Москва. URL: <https://www.mos.ru/eco/documents/prochie/view/310121220/>
6. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. Официальный сайт. Администрация Санкт-Петербурга. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ecology/adaptaciya-k-izmeneniyam-klimata/>

7. Власов Д.Н., Данилина Н.В. Концепции устойчивого развития территорий // Архитектура и строительство России. 2023. № 2(246). С. 8-9.
8. Зайкова Е.Ю. Гибридные модели в структуре природно-инженерного каркаса города // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26 № 4 С. 44–61. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-44-61.
9. Щербина Е.В., Салмо А. Градостроительные риски утраты культурного наследия // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12, № 4. С. 46-63.
10. Хрулев Д.А., Красильникова Э.Э., Данилова С.Б. Ландшафтный урбанизм: анализ исследований интеграции терапевтических садов в городскую среду // Системные технологии. 2024. № 2(51). С. 134-145.
11. Ермолаева С.В., Кочуров Б.И. Природно-ландшафтная дифференциация и природная устойчивость экосистем региона // Экология урбанизированных территорий. 2024. № 1. С. 23-30.
12. Енин А.Е. Шевелев В.П., Ступак Е.Ю. Ретроспективный системный эксперимент при архитектурно-градостроительных исследованиях экологических систем "население↔среда" (на примере Г. Воронеж) // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 4(78). – С. 64-75.
13. Енин А.Е. Понятие эксперимента в архитектуре как деятельности, направленной на гармонизацию взаимосвязи и взаимовлияния населения и среды его жизнедеятельности // Градостроительство. 2012. № 4. С. 22-29
14. Порфирьев Б.Н., Данилов-Данильян В.И. Изменения климата и экономика России: тенденции, сценарии, прогнозы. Москва: Научный консультант, 2022. 514 с.
15. Adger W.N., Huq S., Brown K., Conway D., Hulme M. Adaptation to climate change in the developing world // Prog Dev Stud. 2003. Vol. 3. No. 3. Pp. 179-195. URL: <https://doi.org/10.1191/1464993403ps0600a>
16. Порфирьев Б.Н., Терентьев Н.Е., Зинченко Ю.В. Планирование адаптации к изменениям климата: мировой опыт и возможности для устойчивого социально-экономического развития России // Проблемы прогнозирования. 2023. № 2 (197). С. 154-168.
17. План адаптации к изменениям климата отрасли здравоохранения. Сайт министерства здравоохранения Российской Федерации. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/9701-plan-adaptatsii-k-izmeneniyam-klimata>
18. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 2 марта 2022 г. № 69 «Об утверждении Плана адаптации к изменениям климата в области транспорта». Сайт министерства транспорта Российской Федерации. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/11749?type=2>
19. План адаптации к изменениям климата в сферах строительства, теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения Российской Федерации. Сайт Минстроя России. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/131732/>
20. Руднева Т.А. Применение инструментов комплексного развития территории и мастер-планирования при реализации мегапроектов // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. №4(69). С. 279-291.
21. Стандарт развития застроенных территорий. Сайт Минстроя России. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/18284/>
22. Стандарт освоения свободных территорий. Сайт Минстроя России. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18285/>
23. Руководство по реализации проектов. Сайт Минстроя России. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18288/>
24. Dovbii N.S. Resource-climatic innovations' as a concept of the era of energy transition and formation of "green" economy // Management in Modern Systems. 2024. №2. С. 29-42.
25. Люй Ю., Фомин Н.И., Сюй В., Ли Ц. Меры по снижению углеродных выбросов на этапе эксплуатации зданий // Перспективы науки. 2025. № 3(186). С. 72-76.
26. Данилина Н.В., Солнцева Л.Н. Геомоделирование последствий подтопления урбанизированных территорий в ходе изменения климата на примере Республики Карелия // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17, № 1.
27. Кабакова С.И. Градостроительная оценка территории городов. Москва: Стройиздат, 1971. 153 с.
28. Сибрикова, М.А. Закономерности движения транспортных потоков в г. Челябинске // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2008. № 12(112). С. 8-12.
29. Ромм А.П. Математико-модельные основы комплексной оценки и функционального зонирования городских территорий // Вопросы оценки. 1997. №4. С. 2–11.
30. Жарников В.Б., Ван А.В., Николаева О.Н. Учет экологических функций литосферы при оценке территорий // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 2-1. С. 151-153.
31. Задворнева Е.П. Совершенствование методики комплексной оценки пространственного развития Астанинской агломерации // Инновационная экономика. 2021. № 4(29). С. 69-79.
32. Ермакова Ю.И., Кочуров Б.И. Природно-ландшафтные, исторические и градостроительные факторы развития Хабаровска // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17, № 3(64). С. 153-162.

33. Яблоков В.М. Геоинформационный анализ структуры и динамики природно- экологического каркаса Москвы на основе открытых геоданных // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. №1(1) С.42-48.
34. Сереке Т.Э., Братков В.В., Тесфай Т. Анализ землепользования и температуры поверхности земли по спутниковым изображениям города Мендефера // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2024. Т. 29. № 5. С. 69-79.
35. Кривогуз Д.О., Захарова Ю.Б. Применение геопространственного анализа при прогнозировании эколого-экономического развития керченского полуострова // Геоинформатика. 2018. № 1. С. 52-55.
36. Metaxas T. Mega projects and sustainable city image: evidence from Nuevo Norte Project of Madrid // International Journal of Urban Sustainable Development. 2024. №16(1). С. 108-128. URL: <https://doi.org/10.1080/19463138.2024.2327318>
37. Zhao L., Jiaying L., Qinglong S. Evaluation of urban comprehensive carrying capacity: case study of the Beijing – Tianjin–Hebei urban agglomeration, China // Springer Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature. 2020. С. 19774-19782.
38. Li B., Guan M., Zhan L., Liu C., Zhang Z., Jiang H., Zhang Y., Dong G. Urban comprehensive carrying capacity and development order: "A pressure -capacity - potential" logical framework // Frontiers in Environmental Science. 2022. № 10. DOI: 10.3389/fenvs.2022.935498
39. Зайкова Е.Ю. Гибридные модели первой группы и зеленая инфраструктура: приемы устойчивой интеграции // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 2(46). С. 26-41.
40. Гиясов А.И. Значение городского острова тепла в регулировании микро- и эоклимата // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 1. С. 5–15.
41. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Под ред. В.М. Катцова. Санкт-Петербург, 2017. 106 с.
42. Макаров И.А., Чернокульский А.В. Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 4 (61). С. 145–202.
43. Складенко Г.Ю., Шехурдин Г.Р. Особенности теплового поля города Ростова-на-Дону по данным дистанционного зондирования Земли // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2024. № 1. С. 97–104.
44. Приваленко В.В., Безуглова О.С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Том I. Экология города. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. 290 с.
45. Меркулова К.А. Инженерно-геологические условия г. Ростова-на-Дону. Ростов-на-Дону: РГПУ, 2006. 132 с.
46. Экологический вестник Дона. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2023 г. / под ред. М.В. Фишкина. Ростов н/Д.: Изд-во Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области, 2024. 369 с.
47. Шеина С.Г., Федоровская А.А., Ларин Н.С. Технологии «умных зданий» для адаптации к изменениям климата // Жилищное строительство. 2025. № 6. С. 25–30.
48. Трибельская Е.Г., Турсунбаева Т.Ж. Современная практика проектирования низкоуглеродных городов // Системные технологии. 2021. № 38. С. 155–166.
49. Медведева Л. С., Землякова Н.С. Диагностика социально-демографической безопасности региона // Научный альманах стран Причерноморья. 2025. Т. 11, № 1. С. 13-21.
50. Диспетчеризация "Кристалл". Официальный сайт СДК «Кристалл». URL: <http://www.sdk-kristall.ru/>

REFERENCES

1. Gasho E.G., Bulgakov N.S., Shkuro Yu.D. Assessment of the Energy Effects of Modernizing Buildings and Microdistricts during Renovation. *Energy Systems*. 2019;1:196-199.
2. *SP 42.13330.2011 "Urban Planning. Planning and Development of Urban and Rural Settlements. Updated version of SNiP 2.07.01-89".* (In Russ.)
3. *Order of the Ministry of Regional Development of Russia dated May 26, 2011 No. 244 "On Approval of Methodological Recommendations for the Development of Master Plans for Settlements and Urban Districts."* (In Russ.)
4. *Urban Planning Code of the Russian Federation.* (In Russ.)
5. Action Plan for Adaptation of the City of Moscow to Climate Change. Official City Portal of Moscow. URL: <https://www.mos.ru/eco/documents/prochie/view/310121220/> (In Russ.)
6. Committee on Nature Management, Environmental Protection and Ecological Safety. Official website. Administration of St. Petersburg. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ecology/adaptaciya-k-izmeneniyam-klimata/> (In Russ.)
7. Vlasov D.N., Danilina N.V. Concepts of Sustainable Development of Territories. *Architecture and Construction of Russia*. 2023;2(246):8-9. (In Russ.)

8. Zaykova E.Yu. Hybrid Models in the Structure of the Natural-Engineering Framework of the City. *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2024;26(4):44-61. doi:10.31675/1607-1859-2024-26-4-44-61. (In Russ.)
9. Shcherbina E.V., Salmo A. Urban development risks of cultural heritage loss. *Construction: Science and Education*. 2022;12(4):46-63. (In Russ.)
10. Khrulev D.A., Krasilnikova E.E., Danilova S.B. Landscape urbanism: analysis of studies on the integration of therapeutic gardens into the urban environment. *System Technologies*. 2024;2(51):134-145. (In Russ.)
11. Ermolaeva S.V., Kochurov B.I. Natural landscape differentiation and natural sustainability of regional ecosystems. *Ecology of Urbanized Territories*. 2024;1:23-30. (In Russ.)
12. Enin A.E., Shevelev V.P., Stupak E.Yu. Retrospective systems experiment in architectural and urban planning studies of ecological systems "population ↔ environment" (on the example of the city of Voronezh). *Construction and Reconstruction*. 2018;4(78):64-75. (In Russ.)
13. Enin A.E. The concept of experiment in architecture as an activity aimed at harmonizing the relationship and mutual influence of the population and the environment of its life. *Urban Development*. 2012;4:22-29. (In Russ.)
14. Porfiryev B.N., Danilov-Danilyan V.I. *Climate change and the economy of Russia: trends, scenarios, forecasts*. Moscow: Nauchny Konsultant; 2022. 514 p. (In Russ.)
15. Adger W.N., Huq S., Brown K., Conway D., Hulme M. Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*. 2003;3(3):179-195. URL: <https://doi.org/10.1191/1464993403ps060oa>
16. Porfiryev B.N., Terentyev N.E., Zinchenko Yu.V. Planning for adaptation to climate change: global experience and opportunities for sustainable socio-economic development of Russia. *Problemy Prognozirovaniya*. 2023;2(197):154-168. (In Russ.)
17. Plan for adaptation to climate change in the healthcare sector. Website of the Ministry of Health of the Russian Federation. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/9701-plan-adaptatsii-k-izmeneniyam-klimata> (In Russ.)
18. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of March 2, 2022 No. 69 "On Approval of the Plan for Adaptation to Climate Change in the Field of Transport." Website of the Ministry of Transport of the Russian Federation. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/11749?type=2> (In Russ.)
19. Plan for Adaptation to Climate Change in the Spheres of Construction, Heat Supply, Water Supply, and Sanitation of the Russian Federation. Website of the Ministry of Construction of the Russian Federation. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/131732/> (In Russ.)
20. Rudneva T.A. Application of Integrated Territory Development and Master Planning Tools in the Implementation of Megaprojects. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2024;4(69):279-291. (In Russ.)
21. Development Standard for Built-up Territories. Website of the Ministry of Construction of the Russian Federation. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/18284/> (In Russ.)
22. Standard for the Development of Vacant Territories. Website of the Ministry of Construction of the Russian Federation. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18285/> (In Russ.)
23. Guidelines for Project Implementation. Website of the Ministry of Construction of the Russian Federation. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18288/> (In Russ.)
24. Dovbii N.S. Resource-climatic innovations' as a concept of the era of energy transition and formation of "green" economy. *Management in Modern Systems*. 2024;2:29-42. (In Russ.)
25. Lyu Yu., Fomin N.I., Xu W., Li Q. Measures to reduce carbon emissions at the stage of building operation. *Prospects of Science*. 2025;3(186):72-76. (In Russ.)
26. Danilina N.V., Solntseva L.N. Geomodeling of the Consequences of Flooding of Urbanized Territories during Climate Change: The Case of the Republic of Karelia. *Bulletin of Eurasian Science*. 2025;17(1). (In Russ.)
27. Kabakova S.I. *Urban Planning Assessment of Urban Territories*. Moscow: Stroyizdat; 1971. 153 p. (In Russ.)
28. Sibrikova M.A. Traffic Patterns in Chelyabinsk. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture*. 2008;12(112):8-12. (In Russ.)
29. Romm A.P. Mathematical and modeling foundations of a comprehensive assessment and functional zoning of urban territories. *Assessment Issues*. 1997;4:2-11. (In Russ.)
30. Zharnikov V.B., Van A.V., Nikolaeva O.N. Taking into account the ecological functions of the lithosphere in assessing territories. *News of Higher Educational Institutions. Geodesy and Aerial Photography*. 2012;2-1:151-153. (In Russ.)
31. Zadvorneva E.P. Improving the methodology for a comprehensive assessment of the spatial development of the Astana agglomeration. *Innovative Economics*. 2021;4(29):69-79. (In Russ.)
32. Ermakova Yu.I., Kochurov B.I. Natural-landscape, historical and urban planning factors in the development of Khabarovsk. *South of Russia: Ecology, Development*. 2022;17(3):153-162. (In Russ.)
33. Yablokov V.M. Geoinformation analysis of the structure and dynamics of the natural and ecological framework of Moscow based on open geodata. *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*. 2018;1(1):42-48. (In Russ.)
34. Sereke T.E., Bratkov V.V., Tesfay T. Analysis of land use and land surface temperature based on satellite images of the city of Mendefera. *Bulletin of SSUGiT (Siberian State University of Geosystems and Technologies)*. 2024;29(5):69-79. (In Russ.)

35. Krivoguz D.O., Zakharova Yu.B. Application of geospatial analysis in forecasting the ecological and economic development of the Kerch Peninsula. *Geoinformatics*. 2018;1:52-55. (In Russ.)
36. Metaxas T. Mega projects and sustainable city image: evidence from the Nuevo Norte Project of Madrid. *International Journal of Urban Sustainable Development*. 2024;16(1):108-128. URL: <https://doi.org/10.1080/19463138.2024.2327318>
37. Zhao L., Jiaying L., Qinglong S. Evaluation of urban comprehensive carrying capacity: a case study of the Beijing–Tianjin–Hebei urban agglomeration, China. *Springer Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature*. 2020;:19774-19782.
38. Li B., Guan M., Zhan L., Liu C., Zhang Z., Jiang H., Zhang Y., Dong G. Urban comprehensive carrying capacity and development order: "A pressure-capacity-potential" logical framework. *Frontiers in Environmental Science*. 2022;10. doi:10.3389/fenvs.2022.935498
39. Zaykova E.Yu. Hybrid models of the first group and green infrastructure: methods of sustainable integration. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024;2(46):26-41. (In Russ.)
40. Giyasov A.I. The importance of the urban heat island in regulating the micro- and ecoclimate. *Bulletin of SUSU. Construction and Architecture Series*. 2023;23(1):5-15. (In Russ.)
41. Kattsov V.M., editor. *Report on Climate Risks in the Russian Federation*. St. Petersburg; 2017. 106 p. (In Russ.)
42. Makarov I.A., Chernokulsky A.V. The Impact of Climate Change on the Russian Economy: Ranking of Regions by Adaptation Needs. *Journal of the New Economic Association*. 2023;4(61):145-202. (In Russ.)
43. Sklyarenko G.Yu., Shekhurdin G.R. Features of the Thermal Field of Rostov-on-Don Based on Earth Remote Sensing Data. *News of Universities. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2024;1:97-104. (In Russ.)
44. Privalenko V.V., Bezuglova O.S. *Environmental issues of anthropogenic landscapes of the Rostov region. Volume 1. Urban ecology*. Rostov-on-Don: Publishing House of the SKNC HSE; 2003. 290 p. (In Russ.)
45. Merkulova K.A. *Engineering and geological conditions of Rostov-on-Don*. Rostov-on-Don: RSPU; 2006. 132 p. (In Russ.)
46. Fishkin M.V., editor. *Ecological Bulletin of the Don. On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2023*. Rostov-on-Don: Publishing House of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Rostov Region; 2024. 369 p. (In Russ.)
47. Sheina S.G., Fedorovskaya A.A., Larin N.S. Smart Building Technologies for Adaptation to Climate Change. *Housing Construction*. 2025;6:25-30. (In Russ.)
48. Tribelskaya E.G., Tursunbaeva T.Zh. Modern Practice of Designing Low-Carbon Cities. *System Technologies*. 2021;38:155-166. (In Russ.)
49. Medvedeva L.S., Zemlyakova N.S. Diagnostics of the Socio-Demographic Security of a Region. *Scientific Almanac of the Black Sea Countries*. 2025;11(1):13-21. (In Russ.)
50. Dispatching "Crystal". Official website of the SDK "Crystal". URL: <http://www.sdk-kristall.ru/> (In Russ.)

Информация об авторах

Федоровская Альбина Ахмедовна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия,
канд. техн. наук, доц., доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство»
E-mail: bina-87@mail.ru.

Умнякова Нина Павловна

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия,
д-р. техн. наук., заместитель директора по науке
E-mail: n.umniakova@mail.ru

Скасырская Юлия Александровна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия,
студент кафедры «Городское строительство и хозяйство»
E-mail: daha.skos5555@gmail.com

Шейна Светлана Георгиевна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия,
д-р. техн. наук., проф., заведующая кафедрой «Городское строительство и хозяйство»
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru.

Information about authors

Fedorovskaya Albina Akhmedovna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia,
Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof., Associate Professor of the Department of "Urban Construction and Economy"
E-mail: bina-87@mail.ru.

Umnyakova Nina Pavlovna

Federal State Budgetary Institution "Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences", Moscow, Russia,
Dr. in Engineering. sciences, deputy director for science
E-mail: n.umniakova@mail.ru

Skasyrskaya Yulia Aleksandrovna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia,
student of the Department of "Urban Construction and Economy"
E-mail: daha.skos5555@gmail.com

Sheina Svetlana Georgievna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia,
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of "Urban Construction and Economy"
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.08.2025
Одобрена после рецензирования 21.09.2025
Принята к публикации 01.02.2026

The article was submitted 03.08.2025
Approved after reviewing 21.09.2025
Accepted for publication 01.02.2026