

Научная статья  
УДК [711.112:725.34]:502.1(571.620)  
<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2025-3/162-183>

## Особенности пространственной организации устойчивой к климатическим изменениям городской среды на основе систем озеленения в условиях юга Приморья

Анастасия Александровна Березина, Павел Анатольевич Казанцев✉,  
Александра Юрьевна Шиян

Дальневосточный федеральный университет,  
Владивосток, Российская Федерация  
✉ pal-antvlad@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности трансформации пространственных характеристик застройки при размещении систем озеленения, используемых как средство формирования комфортной городской среды при её адаптации к климатическим изменениям в условиях юга Приморского края. При разработке региональной модели пространственной организации городской среды на основе зелёных систем в данном исследовании принята стратегия экосистемной адаптации, использующая свойство природных систем гибко реагировать на динамику климатических и погодных условий. В результате проведённого исследования разработаны предложения по формированию пространственной структуры застройки при размещении систем озеленения в климатических условиях юга Приморья. Показано, что только непрерывная система озеленения рельефа и зданий, как равноправного компонента городской топографии, придаёт антропогенным ландшафтам сопоставимые с естественными возможности коррекции дискомфортной климатической среды. Предложена ярусная модель климато-регулирующей системы городской среды на основе интеграции городской застройки и растительных систем. Ярусы предложенной климато-регулирующей модели отличаются изменением характера пространственного взаимодействия городской застройки и растительных систем в зависимости от их раскрытия по сторонам горизонта и изменения показателей климатических факторов с ростом этажности городской застройки. Для апробации предложенного подхода разработан экспериментальный проект устойчивой к климатическим изменениям застройки, интегрирующей зелёные системы, на территории полуострова Шкота, г. Владивосток.

**Ключевые слова:** экологический урбанизм, адаптация к изменению климата, системы озеленения зданий, биоклиматическая архитектура, доступная для природы архитектура, город-биотоп

**Для цитирования:** Березина А.А., Казанцев П.А., Шиян А.Ю. Особенности пространственной организации устойчивой к климатическим изменениям городской среды на основе систем озеленения в условиях юга Приморья // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2025. № 3(64). С. 162–183.

THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE. RECONSTRUCTION AND RESTORATION  
OF ARCHITECTURAL HERITAGE

Original article

## Features of spatial organization of the urban environment resistant to climate change based on greening systems in the conditions of the south of Primorye

Anastasiya A. Berezina, Pavel A. Kazantsev✉, Alexandra Yu. Shiyan

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation  
✉ pal-antvlad@yandex.ru

© Березина А.А., Казанцев П.А., Шиян А.Ю., 2025

**Abstract.** The paper examines the features of transformation of the spatial characteristics in urban development when integrating greenery systems as a means of shaping a comfortable urban environment adapted to climate change in the southern Primorsky Krai. In developing a regional model for spatial organization of the urban environment based on green systems, this study adopts the strategy of ecosystem adaptation, using the ability of natural systems to respond flexibly to the dynamics of climatic and weather patterns. As a result of the research, proposals for the shaping of the spatial structure of urban development through placing greening systems in the climatic conditions of the south of Primorye have been formulated. It is demonstrated that only a continuous system of landscaping terrain and architecture, as an equal component of urban topography, gives anthropogenic landscapes capabilities comparable to natural ones to correct the uncomfortable climatic environments. A level model of the climate-regulating system of urban environment, based on the integration of urban development and green systems, is proposed. The levels of the proposed climate-regulating model are characterized by the changing nature of the spatial interaction between urban development and green systems, depending on the orientation of formed green systems towards the horizon and changes in the indicators of climatic factors with the increasing building height. To validate the proposed approach, an experimental project of climate-resistant development integrating green systems was developed for the Shkota Peninsula area in Vladivostok.

**Keywords:** ecological urbanism, adaptation to climate change, green building systems, bioclimatic architecture, nature inclusive architecture, biotope city

**For citation:** Berezina A.A., Kazantsev P.A., Shiyan A.Yu. Features of spatial organization of the urban environment resistant to climate change based on greening systems in the conditions of the south of Primorye. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2025, no. 3(64), pp. 162–183. (In Russ.).

## Введение

Экологический урбанизм рассматривает восстановление утраченных и формирование новых зелёных систем как один из ключевых компонентов стратегии адаптации городской среды к климатическим изменениям на основе экосистемного подхода (ecosystem-based adaptation). Отмечается, что традиционные решения защиты городской среды от негативных последствий наблюдаемой динамики климата, основанные на формировании серой инфраструктуры (объектов капитального строительства и инженерных систем), лишены возможности гибкой адаптации к климатическим изменениям в условиях неопределённости проектирования, тогда как устойчивые решения направлены на повышение способности справляться с последствиями климатических изменений и самостоятельно восстанавливаться после нанесённого ущерба [1, 2, 3]. Системы озеленения зданий и прилегающей к ним территории являются основой формирования динамичных ландшафтов городской среды, которые способны изменяться и развиваться в той же степени, как меняется окружающая нас климатическая среда. Опыт формирования городской застройки, интегрирующей зелёные системы, также показывает, что пространственные характеристики новых, доступных для природных систем городских ландшафтов существенно отличаются от традиционной антропоцентричной городской среды [4, 5]. В этих условиях анализ специфики взаимодействия формируемых зелёных систем с городской застройкой в части изменения пространственных характеристик зданий и прилегающей к ним территории является актуальным. В данной статье авторы рассматривают системы озеленения (greenery systems) как элементы непрерывной структуры городского ландшафта, включающей как интегрированные в архитектуру зданий растительные сообщества (формирующие зелёные фасады, кровли, интерьерное озеленение), так и зелёные насаждения, расположенные на прилегающей к зданиям территории.

## Роль систем озеленения городской среды в адаптации к климатическим изменениям

Роль систем озеленения в адаптации городской среды к климатическим изменениям сегодня общепризнана и рассматривается преимущественно по трём направлениям: регулирование эффекта теплового острова снижением инсоляционного прогрева, аэрация и ветрозащита, регулирование водного режима урбанизированных территорий [3, 6, 7].

Значительная часть современных исследований посвящена роли зелёных систем в регулировании инсоляционного перегрева и устранения эффекта городского теплового острова (urban heat island – UHI), в том числе и для регионов с умеренным и муссонным климатом. Исследования проводят для разных типов городской застройки и уличных «каньонов» с учётом суточной и сезонной динамики теплового дискомфорта и выбранных вариантов конструкций зелёных систем. Предлагаются варианты конструкций уличных и придомовых зелёных насаждений, исследуется роль внешних систем озеленения зданий – зелёных кровель и систем вертикального озеленения, как средства коррекции теплового дискомфорта в высокоплотной городской застройке [8–11]. Отмечается роль вертикальных зелёных систем в условиях градостроительного освоения сложного рельефа, когда размещение зелёных насаждений на прилегающей к зданиям территории затруднено [12].

Зелёные насаждения, регулирующие ветровой режим, в большинстве исследований рассматривают как дополнительный способ снижения высоких температур уличных каньонов при создании аэрационных коридоров [2, 3, 13]. Интерес представляет исследование Школы архитектуры университета в Фучжоу (КНР), в котором показана адаптивная роль ярусных систем озеленения, сочетающих древесные, кустарниковые насаждения и газоны, в условиях муссонного климата – их способность усиливать слабые ветра в жаркие погоды (с 0–1 до 2–5 м/с) и снижать ураганные ветра при прохождении тайфунов (с 50 до 10–20 м/с) [14]. Древесные насаждения вдоль улиц, в плотной городской и прибрежной застройке также описываются как средства летней ветрозащиты от штормовых ветров [15–17]. Роль зелёных насаждений как средства регулирования зимнего ветрового дискомфорта преимущественно рассматривается в связи с общей оценкой ветрозащитных свойств их разнообразных конструкций, вне зависимости от сезона года [18, 19].

Ведущая роль городских систем озеленения (древесных посадок, вертикального озеленения и зелёных кровель) как части водно-зелёной инфраструктуры города в регулировании штормовых осадков и восстановлении гидрологического режима городской среды также не вызывает сомнений и исследована во всём многообразии их применения для данных целей в условиях различных климатических зон. Наиболее широко известны следующие стратегии: регулирование ливневых осадков (Stormwater design); ответственный к водным ресурсам городской дизайн (Water sensitive urban design, WSUD); городское проектирование и развитие с низким уровнем воздействия (Low impact urban design and development, LIUDD); концепция города-губки (Sponge city) [7, 20].

В отечественной практике исследованию роли городских систем озеленения и возможности их использования для регулирования климатического дискомфорта были посвящены работы ЦНИИП Градостроительства под руководством С.Б. Чистяковой. В условиях муссонного климата юга Дальнего Востока климаторегулирующие функции городских систем озеленения рассматривали в своих работах Е.В. Головань, А.Б. Безделев, Л.И. Варченко, А.П. Левус, В.А. Левус, В.М. Урусов. Водосборные характеристики естественных и антропогенных ландшафтов Владивостока были рассмотрены в исследовании [21].

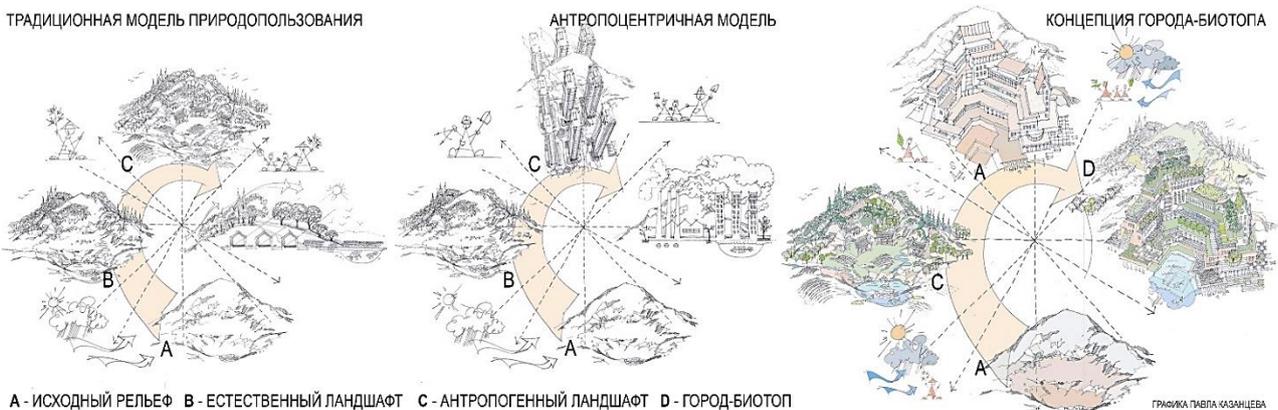
Типология высотных зданий, интегрирующих растительные системы, подробно изучена в работе К. Аль-Кодмани (K. Al-Kodmany) [22]. Вопросы взаимодействия систем озеленения и объёмно-планировочной структуры зданий в зависимости от высоты их размещения и в связи с динамикой климатических воздействий по сторонам горизонта рассмотрены в концепции непрерывного озеленения высотных зданий, предложенной Кеном Янгом (Ken Yeang) [4, 7, 16]. К работам данного направления также можно отнести исследования Хельги Фасбиндер (Helga Fassbinder), Майке Ван Стипахут и Матиаса Ленера (Maike van Stiphout, Mathias Lehner), Вольфганга Вайссера (Wolfgang Weisser), В.А. Нефедова и В.Н. Логвинова, в практической области – в первую очередь постройки архитекторов **Фриденсрайха Хундертвассера** и **Эмилио Амбаса** (Friedensreich Hundertwasser, Emilio Ambasz). Для специфических условий умеренно-муссонного климата побережья юга Дальнего Востока данный вопрос до настоящего времени не рассматривался. Таким образом, можно констатировать, что к настоящему времени климаторегулирующие свойства различных типов систем озеленения зданий и город-

ских территорий изучены достаточно полно, и результаты исследований в данной области могут являться основой для рассмотрения особенностей их пространственного взаимодействия с городской застройкой и прилегающей территорией.

Объектом данного исследования являются системы озеленения зданий и прилегающей к ним территории. Предмет исследования – пространственная организация зданий и прилегающей к ним территории в условиях формирования систем озеленения как основного средства восстановления биоклиматического комфорта. Цель исследования – выявить основные особенности пространственного взаимодействия застройки, прилегающей к зданиям территории и формируемых систем озеленения в климатических условиях юга Приморья, и на этой основе предложить модель пространственной организации городской среды на основе интеграции систем озеленения как средства коррекции динамики климата. Исследование опирается на концепцию города-биотопа, рассматривающего направленно формируемые пространственные характеристики городской среды как абиотическую основу формирования климаторегулирующих зелёных систем.

### Системы озеленения зданий как часть непрерывной системы озеленения городской среды

В концепции города-биотопа и её аналогах (Nature Inclusive Design, природо-интегрированная архитектура, архитектурно-ландшафтная реконструкция городской среды и другие [23–25]) нет принципиальных различий между топографией поверхности земли и пространственными характеристиками застройки, совместно выступающими в качестве абиотической основы формирования природных систем (здание – гора, улица как долина и т.п.). Данные концепции рассматривают рельеф и застройку как единую систему пространств и поверхностей, изменяющих ветровой, инсоляционный, водный режимы городской среды, а следом – характеристики её теплового комфорта, и определяющих формирование характерных для городских территорий растительных сообществ (рис. 1).



**Рис. 1. Концепция города-биотопа: истоки – традиционная модель природопользования; современная антропоцентричная модель; городская застройка как абиотическая основа восстановления природных систем (графика: Казанцев П.А.)**

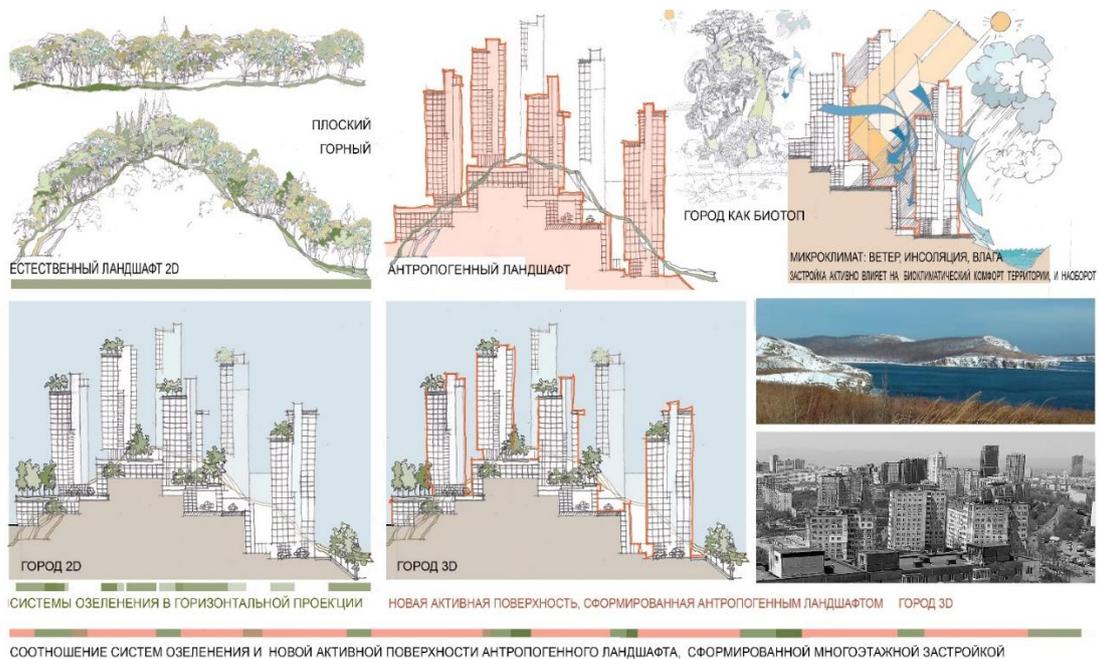
Fig. 1. The concept of a biotope-city: traditional model of nature management; modern anthropocentric urban model; buildings as an abiotic basis for the restoration of natural systems (graphics: Kazantsev P.A.)

В условиях градостроительного освоения территории застройка значительно увеличивает площадь активной поверхности городского ландшафта в сравнении с преобразуемым естественным, исходная форма пространств и характеристики поверхностей (альbedo, пористость, шероховатость и др.) кардинально меняются. В новых жилых районах площадь фасадов высотных зданий, их стилобатов и подпорных стен может составлять до половины и более исходной площади осваиваемой территории. Поэтому в современной застройке в изменение параметров ветрового, инсоляционного и влажностного режимов растёт вклад «вертикальной

составляющей» пространств городской среды. Выходя за границы водоразделов городских холмов и их растительного покрова фасады многоэтажных зданий взаимодействуют с потоками ветра, влаги и инсоляции, изменяя их характеристики и проецируя дискомфортный микроклимат на пешеходный ярус городской среды.

Так, при дожде с ветром на наветренные фасады и подпорные стенки выпадает в 1,5–3 раза больше влаги, чем на кровли; скорость ветра перед фасадами на уровне земли растёт или снижается в 1,5–2 раза; интенсивность солнечной радиации, приходящейся зимой на стены южной ориентации, выше её значений, приходящихся на горизонтальные поверхности, в 2–5 раз, её отражение от раскрытых на юг витражей формирует перед фасадом зоны интермии с интенсивностью облучения до 1,5 и более раз выше фоновых значений; разница в инсоляционном прогреве для ориентированных на юг и затенённых поверхностей зимой может достигать 30°C и более, увлажнение территории перед наветренной морскому муссону стеной выше, чем на участках, находящихся в ветровой тени, и т.д. [26–30].

Несмотря на качественные изменения пространственных характеристик городской среды, произошедшие за последние 15 лет, в современной практике озеленения Владивостока процесс проектирования зелёных систем идёт в 2D-формате, в горизонтальной проекции придомовых территорий и зданий. В то время как очевидно, что формируемый в условиях низкогорного рельефа побережья антропогенный ландшафт – это «ландшафт 3D», и свойства его климатической устойчивости определяются всем комплексом пространственных характеристик формируемой архитектурно-ландшафтной системы. В условиях наблюдаемой динамики климата для сохранения биоклиматического комфорта городской среды непрерывная система озеленения вертикальных и горизонтальных поверхностей будет более эффективна, выводя нас на сопоставимое с естественными ландшафтами соотношение площадей поверхностей рельефа и поверхностей, занятых растительными системами. Тем самым непрерывная система озеленения рельефа и зданий, как равноправного компонента городской топографии, способна вернуть антропогенным ландшафтам сопоставимые с естественными возможности регулирования дискомфортной климатической среды. Также очевидно, что для оценки степени восстановления плотности систем озеленения в городской среде процент озеленения в новой застройке должен быть рассчитан от всей активной поверхности антропогенного ландшафта (рис. 2).



**Рис. 2. Увеличение активной поверхности антропогенных ландшафтов в сравнении с исходными естественными (графика: Казанцев П.А.)**

**Fig. 2. Active surface of anthropogenic urban landscapes increase in comparison with the natural landscapes (graphics: Kazantsev P.A.)**

В регионах с муссонным и близким к ним климатом, для которых характерны высокие скорости ветра в сочетании с ливневыми осадками, важную роль в сохранении биоклиматического комфорта будет играть формирование ярусной структуры климаторегулирующей системы городской среды, соответствующей ярусной структуре различных типов городской застройки [4, 31]. Учитывая изменение климаторегулирующих функций зелёных систем в зависимости от занимаемого ими высотного уровня, следует ожидать изменения характера пространственного взаимодействия систем озеленения и занимаемых ими поверхностей зданий и в целом перераспределение функций регулирования климата между серой и зелёной инфраструктурой городской застройки. В условиях резкого контраста сторон горизонта также необходимо принимать во внимание изменение сортамента зелёных систем и их раскрытия во внешнюю среду в связи с изменением направления и интенсивности действия векторных климатических факторов – инсоляции и преобладающих муссонных ветров в сочетании с интенсивностью выпадения атмосферных осадков [32, 33].

### **Приёмы пространственной организации застройки на основе зелёных систем с учётом климатического контраста сторон горизонта**

Для муссонного климата южного Приморья характерно диаметрально различие зимних северо-западных и летних юго-восточных румбов по ветровому воздействию и выпадению атмосферных осадков. Также муссонная циркуляция воздуха определяет интенсивность зимнего солнца и большую облачность в летний период [28]. В свою очередь, микроклиматические контрасты форм низкогорного рельефа побережья, связанные с изменением ветрового, инсоляционного и, как следствие, влажностного режимов, являются одной из основных причин наблюдаемого на южном побережье Приморья разнообразия фитоценозов [34]. Для обеспечения требуемых условий произрастания формируемого растительного сообщества моделирование пространственных характеристик архитектурного объекта также будет связано с необходимостью регулирования ветрового, инсоляционного и влажностного режимов с учётом сортамента встраиваемых систем озеленения [32]. В зависимости от пространственной структуры городской застройки можно выделить несколько типов локальных ситуаций, отличающихся направлением и скоростью ветрового потока и обеспеченностью солнечным излучением. Для каждой из локаций взаимодействие архитектурной формы и интегрируемых зелёных систем будет различным.

#### *Ветровой режим:*

С учётом годовой динамики сезонных муссонных ветров океанического и континентального происхождения и их микроклиматической изменчивостью при взаимодействии с формами низкогорного рельефа можно выделить следующие основные локации, влияющие на решение внешних зелёных систем и их взаимосвязь с архитектурным пространством:

1. Сильные зимний северо-западный и юго-восточный летний ветра, со скоростью более 5 м/с в течение года.
2. Преобладающий сильный северо-западный ветер зимой.
3. Преобладающий сильный юго-восточный ветер летом.
4. Сглаженное ветровое воздействие с преобладающей скоростью ветров северо-западного и юго-восточного направления не выше 5 м/с.

Приёмы интеграции архитектурной формы и внешних зелёных систем в зависимости от изменения интенсивности ветрового воздействия можно представить следующим образом:

1. Воздействие ветров двух румбов (северо-западный зимний и юго-восточный летний): – организация укрытого со всех сторон высокими стенами пространства «верхового» сада; – П-образная форма здания развёрнута закрытой стороной к холодному ветровому потоку, с противоположной стороны летний ветер экранирует «ажурная» стена; – замкнутый контур внутреннего двора на уровне земной поверхности.

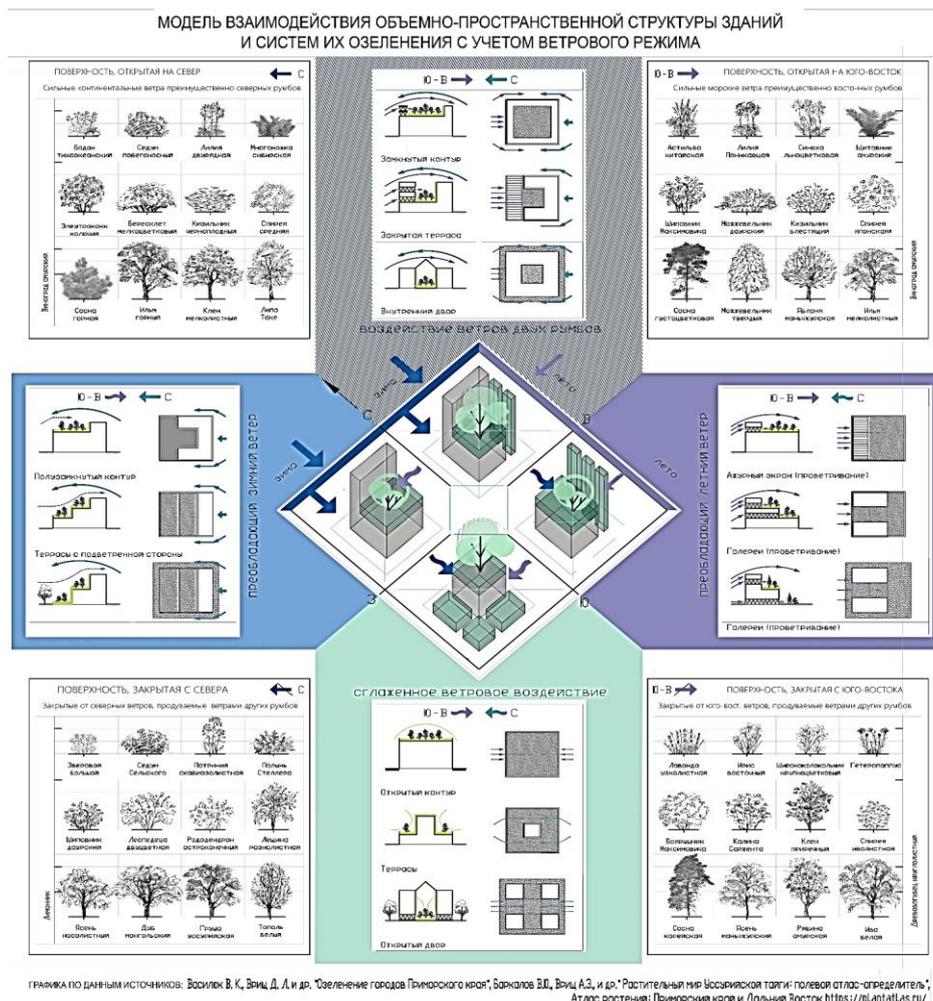
2. Преобладающее воздействие ветра зимнего, северо-западного направления: – полузамкнутый контур сада верхнего яруса, высокий парапет или надстройка на кровле экранируют ветровой поток; – террасированный сад, организованный на подветренной стороне здания,

южный фасад оформлен растительными ступенями, поднимающимися до верхнего уровня; растения на кровли служат дополнительными элементами, экранирующими ветровой поток; – возвышающийся объём здания как ветрозащитный экран, установленный поперёк ветрового потока (вытянутая форма здания).

3. Преобладающее воздействие ветра летнего, юго-восточного направления: – устройство сетчатых конструкций на верхних этажах с сезонным распределением растений; – галереи на свободных этажах, ограниченные перфорированными (дышащими) стенами, которые также могут содержать «вживлённую» растительность; – раскрытие внешнего контура здания и его дополнение элементами благоустройства, такими как аркады, навесы, по которым могут подниматься древесные лианы.

4. Сглаженное ветровое воздействие: – свободное формирование архитектуры здания, ограниченное требованиями аэрации пространств. Зелёные системы являются средством перераспределения слабых ветровых потоков при проветривании.

В случаях, когда ветровое воздействие сглажено рельефом или окружающей застройкой, высокие кустарники и травы, высаженные на эксплуатируемых покрытиях, способствуют образованию постоянных воздушных потоков. Биологические процессы, происходящие в растениях, вызывают охлаждение воздуха. Вследствие разницы температуры между озеленённой и застроенной территориями также происходит перемещение воздушных масс. Скатная кровля с растениями воспроизводит естественную топографию, для которой характерно движение воздуха вверх по склону в тёплую погоду (рис. 3, табл. 1).



**Рис. 3. Модель взаимодействия объемно-пространственной структуры зданий и систем их озеленения с учётом ветрового режима юга Приморья (графика: Шиян А.Ю.)**

Fig. 3. Interaction of the geometric parameters of the building and its greening systems, taking into account southern Primorye wind regime (graphics: Shiyani A.Yu.)

Таблица 1 / Table 1

**Предлагаемое распределение растений внешних систем озеленения общественных зданий с учётом ветрового воздействия (к Рис. 3)**

Proposed distribution of trees and shrubs of external greening systems of public buildings taking into account wind exposure (to Fig. 3)

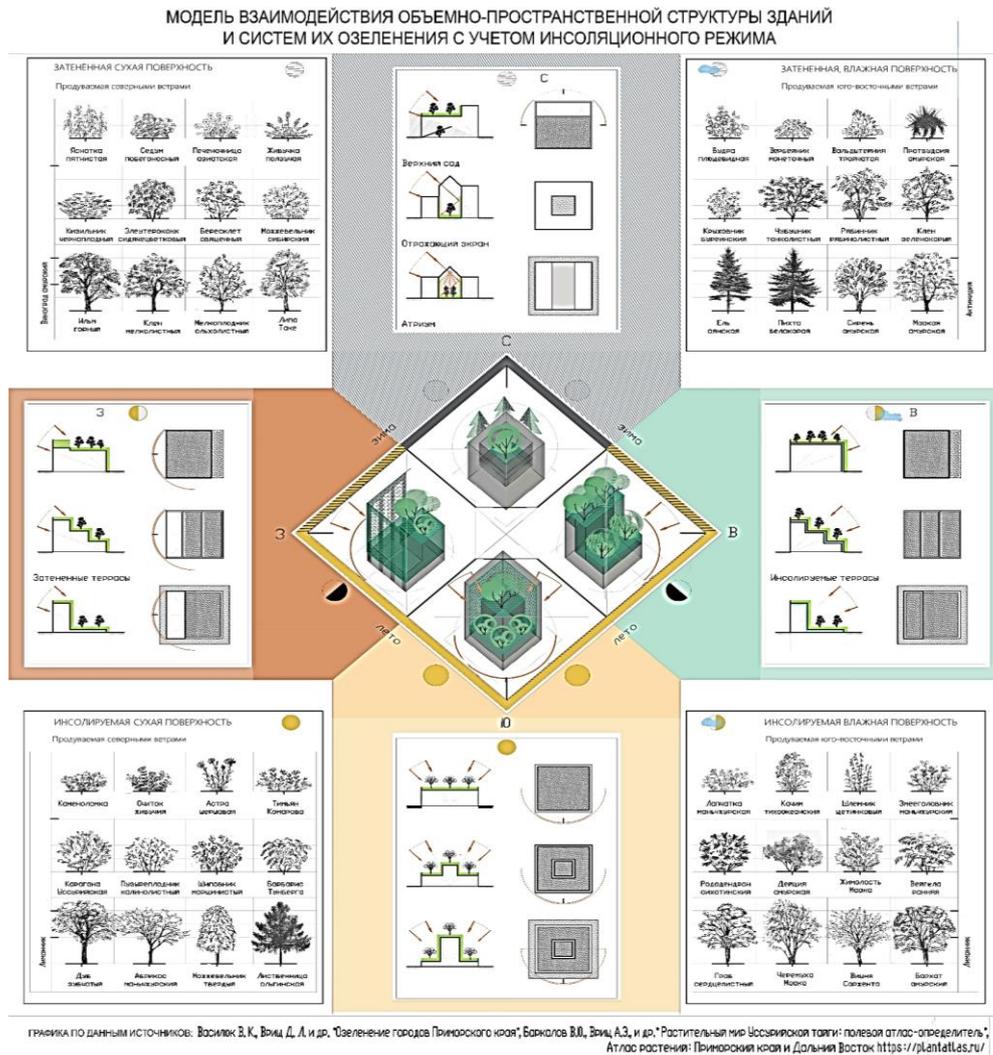
ПОВЕРХНОСТЬ, ОТКРЫТАЯ НА СЕВЕР	ПОВЕРХНОСТЬ, ОТКРЫТАЯ НА ЮГО-ВОСТОК	ПОВЕРХНОСТЬ, ЗАКРЫТАЯ С СЕВЕРА	ПОВЕРХНОСТЬ, ЗАКРЫТАЯ С ЮГО-ВОСТОКА
Сильные континентальные ветра преимущественно северных румбов	Сильные морские ветра преимущественно восточных румбов	Закрытые от северных ветров, продуваемые ветрами других румбов	Закрытые от юго-восточных ветров, продуваемые ветрами других румбов
Травянистый ярус			
Бадан тихоокеанский Седум побегоносный Лилия двуядная Многоножка сибирская	Астильба китайская Лилия поникающая Синюха льноцветковая Щитовник амурский	Зверобой большой Седум Сельского Патриния скабиозолист. Полынь Стеллера	Лаванда узколистная Ирис восточный Ширококолокольчик кр. Гетеропаппус
Древесно-кустарниковый ярус			
Элеутерококк колючий Бересклет мелкоцветков. Кизильник черноплодн. Спирея средняя Сосна горная Ильм горный Клён мелколистный Липа Таке	Шиповник Максимов. Можжевельник даурск. Кизильник блестящий Спирея японская Сосна густоцветковая Можжевельник твёрдый Яблоня маньчжурская Ильм мелколистный	Шиповник даурский Леспедеца двухцветная Рододендрон остроко- неч. Лещина разнолистная Ясень носолистный Дуб монгольский Груша уссурийская Тополь белый	Боярышник Максимо- вича Калина Саржента Клён приречный Спирея иволистная Сосна корейская Ясень маньчжурский Рябина амурская Ива белая
Предложение на основе данных: Василюк В.К., Баркалова В.Ю., Врищ А.Э., Врищ Д.Л., Урусова В.М.			

*Инсоляционный режим:*

Обеспечение уровня достаточного солнечного освещения для развития растений является одним из важных факторов при проектировании систем озеленения. С другой стороны, в садах на искусственных основаниях возникают трудности при эксплуатации, связанные с перегревом инсолируемых участков в летние солнечные дни и вымерзанием грунта в теневой зоне зимой. Подбор систем вертикального озеленения в большей степени зависит от уровня инсоляции поверхности и связанных с ним условиями температурного режима и влажности (рис. 4).

Количество получаемого света зависит от многих факторов: положения солнца во времени дня и года, ориентации и угла наклона поверхности, окружения рассматриваемого места. Наибольшее количество света приходится на южные поверхности, а тепла – на юго-западные (по направлению гелиотермической оси). Восточный и западный фасады также получают разное количество тепла в течение года: летом температура восточных поверхностей ниже, так как утренняя роса или туман защищают их от солнечных лучей, зимой инсоляционный и температурный контраст выравнивается. Можно выделить основные локальные ситуации по годовому ходу инсоляционного режима:

1. Избыточная инсоляция летом на вертикальные и наклонные поверхности западной ориентации.
2. Избыточная инсоляция летом на горизонтальные и наклонные поверхности с раскрытием на южный сектор горизонта.
3. Мягкая инсоляция летом на вертикальные и наклонные поверхности восточной ориентации.
4. Теневые поверхности северной ориентации, или поверхности, затенённые другими объектами.



**Рис. 4. Модель взаимодействия объёмно-пространственной структуры зданий и систем их озеленения с учётом инсоляционного режима юга Приморья (графика: Шиян А.Ю.)**

**Fig. 4. Interaction of the geometric parameters of the building and its greening systems, taking into account southern Primorye insolation regime (graphics: Shiyan A.Yu.)**

Приёмы интеграции архитектурной формы и внешних зелёных систем в зависимости от изменения интенсивности ветрового воздействия можно представить следующим образом:

1. Избыточная инсоляция летом на вертикальные и наклонные поверхности западной ориентации: – кровля с элементами, компенсирующими тепловые поступления; – глубокие лоджии с вертикальными жалюзи (в сочетании с ампельными растениями); – озеленение по внешнему контуру для создания тени (деревья или вертикальное озеленение колонн, арок, переходов свето-жароустойчивыми видами).

2. Высокие показатели солнечной радиации на южных поверхностях создают специфические условия: повышенные показатели температуры и усиление испаряемости (ксеромезофильные формы растений в составе озеленения). Меньшая радиационная напряжённость на затенённых сторонах понижает температурные условия и смягчает колебания температуры и влажности воздуха (мезофильные формы растений).

3. Мягкая инсоляция летом на вертикальные и наклонные поверхности восточной ориентации: – сад на кровле; – вертикальное озеленение, живые стены; – ступенчатый сад от уровня земли (раскрытые террасы).

4. Теневые стороны северной экспозиции или затенённые другими объектами: – сад на кровле с элементами, отражающими солнечное освещение; – поэтажные атриумы с направляющими освещением элементами; – террасы с растениями, поднятые над уровнем земли.

Высокие показатели солнечной радиации создают специфичные условия: рост температуры инсолируемых поверхностей в сочетании с прогревом воздуха и усилением испаряемости является основанием для размещения ксеромезофильных форм растений в составе озеленения. Меньшая радиационная напряжённость на затенённых сторонах снижает температурные и влажностные контрасты и является основанием для размещения мезофильных форм растений (рис. 4., табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

**Предлагаемое распределение растений внешних систем озеленения общественных зданий с учётом особенностей инсоляционного режима (к Рис. 4)**

Proposed distribution of trees and shrubs of external greening systems of public buildings taking into account insolation regime (to Fig. 4)

ЗАТЕНЁННАЯ СУХАЯ ПОВЕРХНОСТЬ	ЗАТЕНЁННАЯ ВЛАЖНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ	ИНСОЛИРУЕМАЯ СУХАЯ ПОВЕРХНОСТЬ	ИНСОЛИРУЕМАЯ ВЛАЖНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ
продуваемая северными ветрами	продуваемая юго-восточными ветрами	продуваемая северными ветрами	продуваемая юго-восточными ветрами
Травянистый ярус			
Яснотка пятнистая Седум побегоносный Печеночница азиатская Живучка ползучая	Будра плющевидная Вербейник монето- чный Вальдштейния тройч. Протвудсия амурская	Каменоломка Очиток живучий Астра шершавая Тимьян Комарова	Лапчатка маньчжурская Качим тихоокеанский Шлемник щетинковый Змееголовник мань- чжур.
Древесно-кустарниковый ярус			
Кизильник черноплodн. Элеутерококк сидя- чецвет. Бересклет священный Калина обыкновенная Можжевельник си- бирск. Ильм горный Клён мелколистный Мелкоплодник ольхо- лист. Липа Таке	Крыжовник буреин- ский Чубушник тон- колистн. Рябинник рябино- листн. Клён зеленокорый Ель аянская Пихта белокорая Сирень амурская Маакия амурская	Карагана уссурийская Пузыреплодник кали- нол. Шиповник морщини- стый Барбарис Тунберга Дуб зубчатый Абрикос маньчжур- ский Можжевельник твёрдый Лиственница ольгин- ская	Рододендрон сихотин- ский Дейция амурская Жимолость Маака Вейгела ранняя Граб сердцелистный Черёмуха Маака Вишня Саржента Бархат амурский
Предложение на основе данных: Василюк В.К., Баркалова В.Ю., Врищ А.Э., Врищ Д.Л., Урусова В.М.			

*Регулирование влажностного режима*

Вертикальное озеленение и зелёные террасы, раскрытые на «морской» восточный сектор горизонта (Ю-В, В, С-В), в региональных условиях являются основным средством защиты от штормовых осадков и осадков при влажной адвекции, снимая нагрузку с систем водосбора. Дренажная система внешних систем озеленения воспроизводит естественный сток воды в горных ландшафтах: дождевая вода, выпадая на фасады и грунт верхних террас, по водостокам проходит через контейнеры с растениями, прежде чем каскадом пролиться до дождевого сада на уровне земли. В условиях сухой весны наветренные склоны гор, покрытые лесом, восполняли дефицит необходимой для вегетации влаги конденсатом морских туманов. В этих условиях зелёный фасад, сформированный системой внешних горизонтальных жалюзи, прикреплённых к глубоким балконам, с распределением по ним ампельных растений выполняет роль ажурной водосборной системы – аналога лесного покрова наветренных откосов сопок. Растения формируют зелёный экран, собирающий влагу морских туманов и ночного конденсата. Как показали опыты с водосборными сетками – аналогами зелёных систем, количество собираемой влаги будет находиться в прямой зависимости от размеров листы и ажурности фор-

мируемых вертикальных зелёных экранов [26]. Плотные непродуваемые зелёные экраны должны лучше собирать влагу косых дождей. Ажурные, проницаемые для ветра – влагу морских туманов и ночной конденсат.

### **Модель пространственной организации городской среды на основе систем озеленения**

При разработке региональной модели пространственной организации городской среды на основе систем озеленения в условиях динамики климата в данном исследовании принята стратегия экосистемной адаптации, использующая свойство природных систем гибко реагировать на динамику климатических и погодных условий (ecosystem based adaptation – ЕВА) [16]. В данной стратегии природные системы используются в качестве адаптивного буфера между внешней средой и защищаемыми открытыми и закрытыми пространствами города. При этом способы использования зелёных систем и степень их интеграции с серой инфраструктурой определяются прогнозируемой динамикой климата. В данной статье авторы рассматривают одно из направлений стратегии ЕВА в части формирования адаптивной среды на основе систем внешнего озеленения и особенности взаимодействия систем внешнего озеленения с пространственными характеристиками городской среды в связи с изменением типов и высотности городской застройки. Особенности пространственного взаимодействия зелёных систем и зданий в зависимости от типа и высотности (яруса) застройки рассмотрены как основа формирования ярусной модели регулирования климатических факторов в городской среде в условиях динамики климата.

Введение ярусной структуры в предлагаемую модель формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды позволяет принять во внимание изменение характера распределения ветрового, инсоляционного режимов и режима выпадения и последующего распределения атмосферных осадков по вертикали, что является необходимым условием для проектирования зелёных систем. В качестве прототипа ярусной структуры городской среды в данном исследовании предложено принять ярусную структуру лесов умеренного климатического пояса, включая подстилку – почвенный покров и газон, подлесок и подрост – кустарниковую растительность и молодую древесную поросль, покров (полог) – уровень крон лиственных деревьев умеренного пояса, наружный ярус древостоя – как правило, хвойные умеренного пояса, дополняя вертикальный ряд верхним ярусом, учитывающим рост этажности современной застройки. Ярусная структура леса в значительной степени совпадает с ярусами городской среды, соответственно описанию, данному выше: – уровень формирования вертикальной планировки земной поверхности и выбора её покрытий с учётом функциональных требований и гидрологического режима (подстилка); – уровень движения пешеходов, формирования активных фасадов первых этажей многоэтажной застройки или уровень формирования малоэтажной высокоплотной или усадебной застройки (подлесок); – уровень застройки средней этажности в 5–7 этажей (полог); – уровень многоэтажной застройки в 12–16 этажей (наружный уровень) и верхний ярус. Для низкогорного рельефа здания верхнего яруса высотой в 20–30 этажей уже сопоставимы по высотам с грядами городских холмов и значительно изменяют исходный ветровой и инсоляционный режимы естественных ландшафтов.

В условиях побережья юга Приморья для верхнего яруса характерны крепкие континентальный морозный и морской муссонные ветра, ветровые потоки, свободно подходящие к фасадной поверхности и определяющие почти горизонтальное выпадение атмосферной влаги на фасадную плоскость. Поэтому для верхнего яруса должен быть принят закрытый способ размещения зелёных систем, где функцию регулирования теплового комфорта и снижения интенсивности действия ветра в сочетании с выпадающей влагой должен принять на себя экран из внешних «серых» адаптивных систем (различного рода сплошные светопрозрачные и сетчатые стационарные экраны, двойные фасады или трансформируемые в зависимости от погодных условий экраны). Часть зелёных систем может быть размещена во внутренних полуоткрытых пространствах. За зелёными системами на верхнем ярусе остаётся функция регули-

рования интенсивности солнечной радиации, очистка воздуха и основы для формирования новых для города биотопов аналогичных верхним ярусам горных ландшафтов.

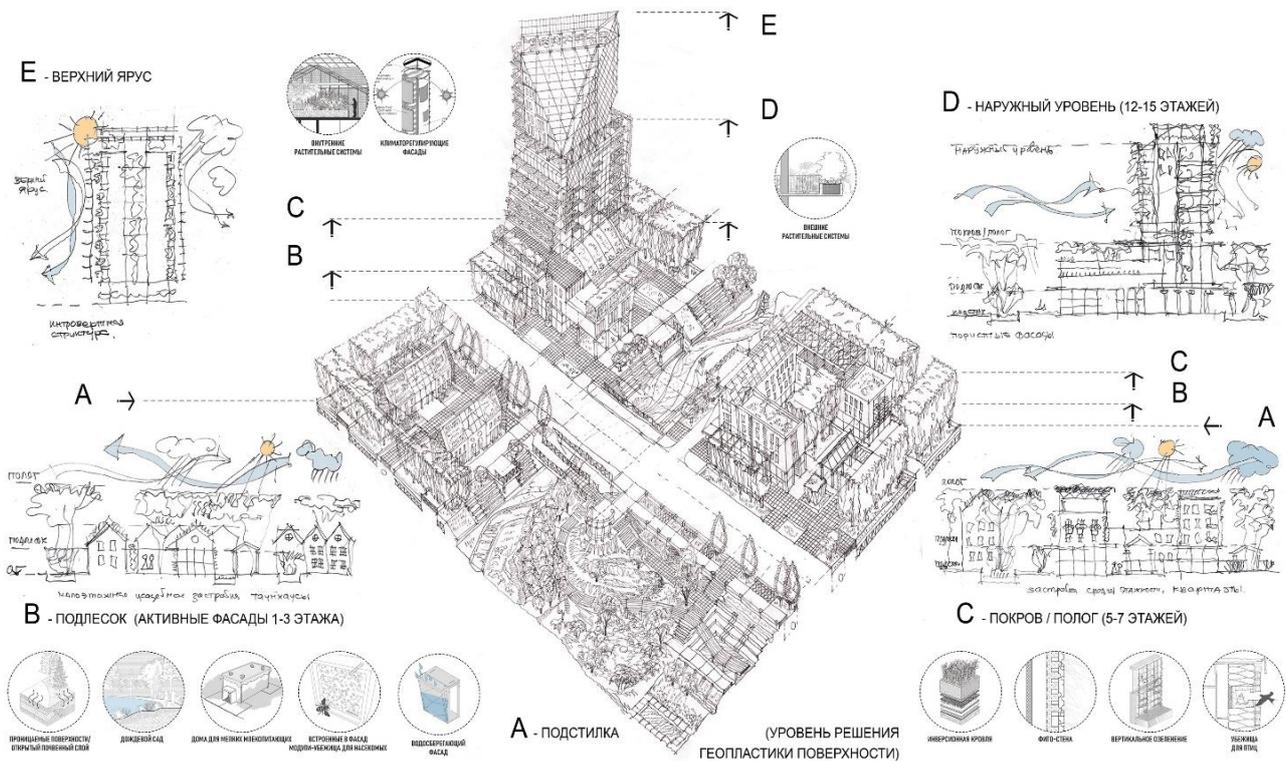
Ярус застройки, соответствующий наружному уровню леса, подвергается менее агрессивному воздействию климатических факторов, и здесь уже сами фасадные зелёные системы играют роль регулирующего климатический дискомфорт буфера, формируя разные по глубине «пористые» фасадные структуры, способные имитировать взаимодействие хвойных деревьев с набегающими потоками ветра и атмосферной влаги. Но качество взаимодействия здания и факторов климата остаётся во многом сходным с верхним ярусом – основную нагрузку по адаптации к динамике климата несёт зелёная архитектура вертикальных поверхностей.

Уровнем ниже характер взаимодействия климатических факторов внешней среды и застройки качественно изменяется. Покров (полог) лиственного лесного массива в условиях юга Приморья совпадает с уровнем кровель 5–7-этажной городской застройки. В этих условиях есть возможность сформировать единую систему зелёных кровель, пергол, крон кустарников, размещаемых на кровлях, других горизонтальных зелёных экранов и полога лиственного древостоя. В результате может быть сформирована горизонтальная «пористая» структура, способная регулировать ветровые потоки углами наклона кровель и горизонтальных зелёных экранов, пропускающая сильные ветра над «кроной», захватывая и перераспределяя слабые для проветривания (например, ветровые башни, выступающие над уровнем древесного полога). Горизонтальный экран на основе разнообразных лиственных посадок хорошо адаптируется к зимней и летней инсоляции (прозрачный экран и солнцезащита). А ветровой поток, несущий влагу, оставляет её в «зелёной» плоскости крон деревьев, горизонтальных зелёных экранов и экстенсивных кровельных систем, исключая явление косога дождя на более низких уровнях застройки. В этих условиях озеленение фасадных поверхностей может носить более декоративный характер, исключая «опушку» – фасады, выходящие на открытые пространства.

Уровень подлеска совпадает с основным «пешеходным» уровнем городской среды, и роль внешних зелёных систем, архитектуры активных фасадов и малых архитектурных форм состоит здесь в исправлении и окончательной корректировке интенсивности действия климатических факторов. Это может быть локальное ветрозащитное и солнцезащитное вертикальное и горизонтальное озеленение, ветроотбойные ажурные зелёные козырьки фасадных поверхностей, отдельно расположенные павильоны, навесы, тенты и т.п.

Подстилка – уровень формирования геопластики поверхности территории, прилегающей к зданиям, форма и проницаемость покрытий которого в основном откликается на потребность перераспределения выпавшей на фасадные и кровельные поверхности, кроны деревьев атмосферной влаги. Архитектуру подстилки, как составляющей климаторегулирующей системы городской среды, задаёт необходимость регулирования скорости и направления движения поверхностных водотоков, их накопления в низинах, последующий дренаж и хранение для использования в сухой погодный период. В условиях сложно-расчленённого низкогорного рельефа побережья это основной уровень для применения технологий города-губки (WSUD, LLUD [20, 21]).

Таким образом, предлагаемая ярусная модель климаторегулирующей системы городской среды на основе интеграции зелёных систем как средства коррекции динамики климата включает: 5 ярусов по вертикали, в основном соответствующих ярусам лесов умеренного климатического пояса (подстилка – подлесок – покров/полог – наружный уровень – верхний ярус), и 4 основных типа городского ландшафта, интегрирующего зелёные системы (садово-парковый, малоэтажный высокоплотный, квартальный, многоэтажный высотный). Ярусы предложенной климаторегулирующей модели отличаются изменением степени взаимодействия архитектуры и зелёных систем, в прямой зависимости от изменения характеристик климатических факторов. В данной модели также должны быть учтены ограничения на сортмент и размещение зелёных систем, связанные с климатическим контрастом секторов горизонта (рис. 5).



**Рис. 5. Модель пространственной организации городской среды на основе зелёных систем.**

**А** – уровень формирования геопластики городского ландшафта; **В** – уровень «активных» фасадов 1–3-го этажа; **С** – уровень 5–7-этажной застройки и крон древесной растительности; **Д** – наружный уровень с условной границей до 12–15 этажей; **Е** – верхний ярус многоэтажной застройки, характерной для новых районов Владивостока, – до 30 этажей

(графика: Казанцев П.А., Березина А.А.)

Fig. 5. Model of spatial organization of the urban environment based on green systems.

**A** – level of formation of geoplastics of the urban landscape; **B** – level of "active" facades of the 1–3 floors; **C** – level of 5–7-storey buildings and tree crowns; **D** – outer level with a conditional border of up to 12–15 floors; **E** – upper tier of multi-storey buildings, typical for new districts of Vladivostok – up to 30 floors (graphics: Kazantsev P.A., Berezina A.A.)

### Взаимодействия систем озеленения и пространств городской среды в условиях динамики климата

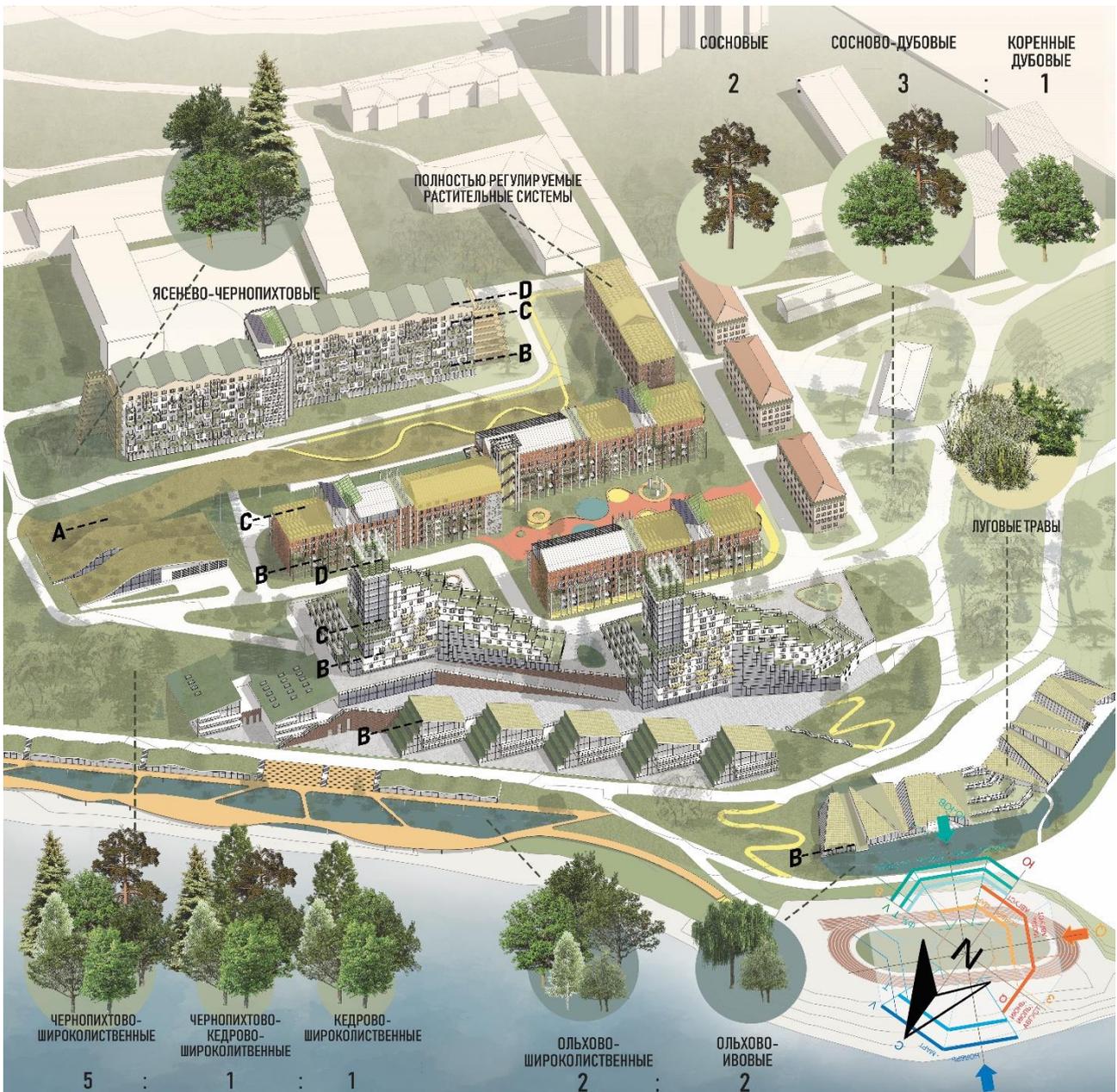
Для апробации предложенных методов проектирования в данном исследовании был выбран участок, расположенный на полуострове Шкота, мысе Купера, в границах улиц Авраменко и Лейтенанта Шмидта. Полуостров отличается типичными для Владивостока ландшафтно-климатическими условиями – мелкосопочный рельеф, открытый морю, продуваемый муссонными ветрами. Территория включает в себя характерные для Владивостока архитектурные типологии зданий: линейный дом малой и средней этажности, высотный дом, открытый квартал. На участке могут быть выделены «ярусы» городской пространственной среды аналогично ярусам лесного массива: подстилка, подлесок, полог (покров), наружный уровень. Верхний ярус застройки отсутствует. Оценка исследуемого участка показала, что пространственные характеристики застройки в целом позволяют восстановить утраченные зелёные системы в объёме 81,9%, за исключением утерянных в процессе градостроительного освоения речных и водно-болотных экосистем. При этом без предварительной подготовки возможно восстановить лишь 12,9% исходных битопов. Это говорит, прежде всего, о необходимости кардинальной реконструкции поверхностей зданий и прилегающей к ним территории для размещения зелёных систем.

При разработке проектного предложения авторы следовали следующим принципам взаимодействия архитектуры зданий и климаторегулирующих систем озеленения, включая: –

принцип восстановления пространственной идентичности антропогенных ландшафтов их естественным аналогам; – принцип открытости, характеризующий степень взаимосвязи растительных сообществ и внешней среды в зависимости от контрастности климатических воздействий; – принцип формирования «зелёного экрана», регулирующего внешний дискомфорт защитного буфера из разнообразных систем озеленения зданий и прилегающей к ним территории; – принцип проникающего озеленения, характеризующий обязательную взаимосвязь систем озеленения открытых и закрытых пространств; – принцип сезонности, или принцип соответствия систем озеленения сезонным ритмам климатических условий; – принцип увеличения биоразнообразия, характеризующий архитектуру здания как абиотическую основу для моделирования условий формирования новых для данной локации растительных сообществ, обеспечивающих наиболее полную адаптацию к наблюдаемой динамике климата.

Проектом предусмотрено увеличение суммарной квадратуры открытого почвенного слоя, как одного из основных факторов, влажностные характеристики которого напрямую влияют на распределение биотопов, наряду с экспозицией склона. Так, здание пожарной части, имитирующее гряды рельефа, становится дополняющей частью «лесной подстилки». Высаженная на его кровле растительность на уровне подлеска, в зоне движения пешеходов регулирует микроклиматические характеристики территории: ослабляет интенсивность зимних северных ветров, а также понижает летний приземный перегрев. Проницаемые поверхности активно участвуют в процессе инфильтрации и регулируют движение поверхностных стоков, смягчая выброс залповых осадков во время влажного тропического муссона во второй половине летнего периода. На открытом, проницаемом грунте размещены газоны, луговые сообщества травянистого яруса, карманные леса свободного формирования (Tiny forest), защищающие почвенный слой от истощения и эрозивных процессов. Усиление наземного озеленения предоставляет возможность размещения отдельно стоящих местообитаний фауны: насекомых, в том числе опыляющих, птиц, мелких млекопитающих, земноводных и т.д. Территория отличается наличием экологических коридоров для животных видов, что имеет первостепенное значение при формировании здоровой и комфортной среды для процветания природных систем.

Лесной покров/полог, являющийся основой зелёного каркаса, не только смягчает микроклиматические характеристики территории и перераспределяет осадки (дожди, влага туманов), но и предоставляет экосистемные услуги, предотвращающие и смягчающие последствия изменения климата (снижение альбедо, понижение приземной температуры, поглощение и хранение CO<sub>2</sub>), и, что не менее важно, обеспечивает адаптационные экосистемные услуги. Городская застройка высотой до 7 этажей может служить пространственной основой для воспроизведения лесного полога путём моделирования оболочки зданий и частичной пространственной реконструкции. В рамках проекта к пятиэтажным общежитиям пристроены стальные конструкции, возведённые на отдельном фундаменте, состоящие из системы ячеек, конфигурация которых решена в соответствии с определённым фитоценозом. Размещение природных систем в непосредственной близости от фасадов предполагает высокий уровень контроля для создания оптимальной экологической модели, благоприятной для процветания животных и растительных сообществ и обеспечивающей человека необходимыми экосистемными услугами. Сформированный единый горизонтальный покров способствует прохождению над зданиями дискомфортных зимних северо-западных и летних юго-восточных ветров, достигающих значений более 10 м/с, а также вызывает слабые ветра для проветривания в июле-августе, когда устанавливаются влажные и душные погодные условия. Весной и в летний период, когда прибрежные воздушные потоки провоцируют продолжительные влажные погоды, масса растительности на фасадах улавливает и перераспределяет влагу продолжительных косых моросящих дождей. Плоские кровли общежитий переоборудованы в теплицы, в данном случае используемые как адаптивные к внешним климатическим воздействиям пространства для размещения растительных систем. Поверхность наружных стен усложнена за счёт замены навесных фасадных панелей на фасадную систему кирпичной облицовки с готовыми встроенными модульными убежищами для птиц, летучих мышей и насекомых.



**Рис. 6. Проектное предложение климаторегулирующей системы озеленения фрагмента городской среды на п-ве Шкота, Владивосток. А – уровень формирования геопластики городского ландшафта; В – уровень «активных» фасадов 1–2-го этажа; С – уровень 5–7-этажной застройки и крон древесной растительности; D – наружный уровень с условной границей до 12–15 этажей (разработка и графика: Березина А.А.)**

**Fig. 6. Project proposal for a climate-regulating greening system for a fragment of the urban environment on the Shkota Peninsula, Vladivostok. A – level of formation of the geoplastics of the urban landscape; B – level of "active" facades of the 1–2nd floors; C – level of 5–7-storey buildings and tree crowns; D – external level with a conditional border of up to 12–15 floors (development and graphics: Berezina A.A.)**

Расположенные на территории проектирования точечные 18-этажные жилые дома создают неблагоприятные аэродинамические эффекты в виде нисходящих потоков и фасадных вихрей, имеющих скорость более 10 м/с в зоне движения пешеходов. По высотности такого типа здания соотносятся с наружным лесным ярусом. Для улучшения микроклиматических условий на участке форма сооружений трансформирована таким образом, чтобы отвести холодные океанические северо-западные потоки и создать комфортное дворовое пространство, раскрытое на юг.



**Рис. 7. Трансформация пространственных характеристик застройки при размещении внешних систем озеленения**

*(проектное предложение: Березина А.А., графика: Березина А.А. и Казанцев П.А.)*

**Fig. 7. Transformation of spatial characteristics of development when placing external greening systems**  
*(project proposal: Berezina A.A., graphics: Berezina A.A. and Kazantsev P.A.)*

Следующий этап – модификация архитектурного объёма с целью интеграции природных систем. Устройство террас позволяет размещать растения ярусно, аналогично исходным биотопам мелкопочного обрывистого прибрежного ландшафта, образуя зелёный массив, играющий роль лесов на водоразделе. Такого рода растительность задерживает влагу

туманов в тёплый сезон, а также гасит встречные ветровые потоки. Северный и западный фасады, играющие роль ветролома, имитируют скальный ландшафт с минимальным количеством растительности, характерной для прибрежных биотипов, отличающихся жёсткими климатическими условиями. Зелёные фасадные системы, расположенные в дворовом пространстве, раскрытом на юг, создают климаторегулирующий буфер: в первую половину лета собирают влагу косых дождей, в жаркие погоды второй половины лета снижают эффект городского теплового острова и корректируют внутренний и внешний летний тепловой дискомфорт. Растительный сортамент распределён в соответствии с высотностью, защищённостью от ветра, инсоляционным режимом и прочими видовыми особенностями.

Подобное решение способствует повышению биоразнообразия участка в сравнении с исходной природной ситуацией. Отмечено сочетание растительных систем умеренных и более северных широт в рамках пространственной геометрии одного здания. Ячейки для животного сообщества размещены в структуре фасадов в соответствии с видовыми особенностями. Навершием здания выступает конструкция, состоящая из фотобиореакторов с микроводорослями, которые являются естественными поглотителями углекислого газа, а также как источник биомассы для поддержания устойчивости растительных систем (пресные микроводоросли – как удобрение летом; гиперсолёные – на биотопливо зимой).

Архитектура застройки таунхаусов, расположенных вдоль ул. Лейтенанта Шмидта, модифицирована таким образом, чтобы наклонные кровли, имитирующие прибрежное луговое сообщество, уводили встречный северный континентальный муссон от пешеходной зоны. Боковой фасад преобразован в ступенчатую структуру, интегрирующую зелёные системы, характерные для биотопа северного склона.

Разработанный участок представляет собой пример взаимосвязанной экологической структуры, отличающейся непрерывностью естественных и антропогенных ландшафтов, где городская застройка и прилегающие к ней территории рассматриваются как единая архитектурно-ландшафтная система, благоприятная для интеграции зелёной инфраструктуры. Растительные сообщества несут климаторегулирующую функцию в отношении основных абиотических факторов, таких как инсоляционный, ветровой и водный режимы (рис. 6, рис. 7).

### **Заключение (основные результаты исследования)**

В условиях нарастающей негативной динамики климата восстановление систем озеленения рассматривается как один из ключевых компонентов стратегии адаптации городской среды к климатическим изменениям на основе экосистемного подхода. К настоящему времени подробно исследованы климаторегулирующие свойства различных типов систем озеленения, такие как регулирование ветрового режима, защита от перегрева, излишней сухости или переувлажнения воздуха, регулирование температуры и штормовых осадков, а также зависимость сортамента растительных систем от интенсивности действия климатических факторов в условиях сложного рельефа юга Приморья. Результаты исследований в данных областях являются основой анализа пространственного взаимодействия зелёных систем с городской застройкой и прилегающей территорией, проведённого в данной работе.

В исследовании показано, что для сохранения комфорта городской среды непрерывная система озеленения, включающая как осваиваемую территорию, так и поверхности зданий, будет более эффективна, выводя антропогенные ландшафты на сопоставимое с естественными соотношение площадей поверхностей зданий (рельефа) и поверхностей, занятых растительными системами. Размещение растительного материала в структуре здания обеспечит адаптацию к солнечному воздействию, естественный тепловой комфорт, нивелирование ветрового потока, послужит дополнительным элементом при осаждении капель дождя и тумана, сдержит штормовой сток воды. В свою очередь, для формирования микроклимата, благоприятного для роста растений, необходимы достаточный уровень освещения и увлажнения, а также защита от промерзания, перегрева и ветрового воздействия, что обеспечивает направленное регулирование факторов климата средствами архитектуры.

В результате проведённого исследования разработаны предложения по формированию пространственной структуры застройки при размещении систем озеленения в климатических условиях юга Приморского края. Показано, что для успешного восстановления растительных сообществ в городской среде архитектурная форма должна в той или иной степени воспроизводить исходные природные ландшафты. Разработана ярусная модель климаторегулирующей системы городской среды на основе интеграции зелёных систем как средства коррекции динамики климата. Ярусы предложенной климаторегулирующей модели отличаются изменением степени взаимодействия архитектуры и зелёных систем, в прямой зависимости от изменения характеристик климатических факторов с ростом этажности городской застройки. Предложены модели взаимодействия объёмно-пространственной структуры здания и систем их озеленения с учётом контраста сторон горизонта по ветровому и инсоляционному режиму в различные сезоны года.

Сформулированы принципы взаимодействия архитектуры зданий и климаторегулирующих систем озеленения: – принцип восстановления пространственной идентичности антропогенных ландшафтов их естественным аналогам; – принцип открытости, характеризующий степень взаимосвязи растительных сообществ и внешней среды в зависимости от контрастности климатических воздействий; – принцип формирования «зелёного экрана», регулирующего внешний дискомфорт защитного буфера из разнообразных систем озеленения зданий и прилегающей к ним территории; – принцип проникающего озеленения, характеризующий обязательную взаимосвязь систем озеленения открытых и закрытых пространств; – принцип сезонности, или принцип соответствия систем озеленения сезонным ритмам климатических условий; – принцип увеличения биоразнообразия, характеризующий архитектуру здания как абиотическую основу для моделирования условий формирования новых для данной локации растительных сообществ. Для апробации предложенного подхода разработан экспериментальный проект устойчивой к климатическим изменениям застройки, интегрирующей зелёные системы, на территории полуострова Шкота, г. Владивосток.

#### ВКЛАД АВТОРОВ | CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

А.А. Березина – формулировка основных принципов взаимосвязи архитектуры и систем озеленения и разработка экспериментального проекта; П.А. Казанцев – научное руководство, обзор мирового опыта и региональной проблематики, концепция исследования и разработка теоретической модели; А.Ю. Шиян – разработка приёмов пространственной организации застройки как абиотической основы формирования климаторегулирующих систем озеленения. Все авторы ознакомились с результатами и одобрили окончательный вариант рукописи.

A.A. Berezina – formulated the fundamental principles of the relationship between architecture and landscaping systems and developed the experimental project; P.A. Kazantsev – provided scientific supervision, reviewed global experience and regional issues, provided the research concept, and developed the theoretical model; A.Yu. Shiyani – developed techniques for spatial organization of development as an abiotic basis for the formation of climate-regulating landscaping systems. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ | DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Mutani G., Todeschi V. The effects of green roofs on outdoor thermal comfort, urban heat island mitigation and energy savings // *Atmosphere*. 2020. № 11(2). P. 123. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11020123>
2. Kato S. An overview of green infrastructure's contribution to climate change adaptation // *Proceedings of the 13th International Symposium of Landscape Architecture, Korea, China, and Japan*. 2012. P. 224–228.

3. Graça M., Cruz S., Monteiro A., Neset T.-S. Designing urban green spaces for climate adaptation: A critical review of research outputs // *Urban Climate*. 2022. Vol. 42. P. 101126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101126>
4. Hamzah T.R. Yeang: ecology of the sky / By Ivor Richards. Mulgrave, Australia: The Images Publishing Group. 2001.
5. Senthil M. Coimbatore. Green skyscrapers: a comprehensive approach to integrate greenery and bioclimatic design in high rise mixed-use buildings // *International Journal of Science and Research*. 2024. Vol. 13. Iss. 5. URL: <https://www.ijsr.net/archive/v13i5/SR24501171936.pdf> (дата обращения 25.05.2025).
6. Pancewicz A., Kurianowicz A. Urban greening in the process of climate change adaptation of large cities // *Energies*. 2024. № 17(2). P. 377. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17020377>
7. Xue Z., Hou G., Zhang Z., Lyu X., Jiang M., Zou Y., Shen X., Wang J., Liu X. Quantifying the cooling-effects of urban and peri-urban wetlands using remote sensing data: case study of cities of North-east China // *Landsc. Urban Plan.* 2019. № 182. P. 92–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.10.015>
8. Tabibi A. Vertical gardening for climate change mitigation. URL: <https://green.org/2024/01/30/vertical-gardening-for-climate-change-mitigation/> (дата обращения: 25.05.2025).
9. Dongjin Cui, Chang Su, Jian Hang, Mengye Zhu, Guanwen Chen, Cheuk Ming Mak. Effects of vertical greening on the thermal environment and energy consumption in different street canyons // *Sustainable Cities and Society*. 2024. Vol. 117. P. 105979. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105979>
10. Mutani G., Todeschi V. The effects of green roofs on outdoor thermal comfort, urban heat island mitigation and energy savings // *Atmosphere*. 2020. № 11(2). P. 123. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11020123>
11. Taher H., Elsharkawy H., Newport D. The influence of urban green systems on the urban heat island effect in London // *Sustainable Built Environment Conference*. 2019. Wales: Policy to Practice. Cardiff, Wales, 24–25 Sep 2019. IOP Publishing Ltd. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/329/1/012046>
12. Qi Z.Y. Urban forests construction and vertical greening development under climate change // *Landscape Archit. Frontiers*. 2023. № 11(1). P. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.15302/j-laf-1-030039>
13. Yifan Luo, Zhuo Wu, Man Sing Wong, Jinxin Yang, Zhenzhi Jiao. Simulating the impact of ventilation corridors for cooling air temperature in local climate zone scheme // *Sustainable Cities and Society*. 2024. Vol. 115. P. 105848 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105848>
14. Dan-Yin Zhang, Ling Yang Li-Yi, Feng Jiang Liu, Xin-Chen Hong. Optimizing green spaces significantly improves wind environment and accessibility in county towns // *Land*. 2025. № 14. P. 730. DOI: <https://doi.org/10.3390/land14040730>
15. Johansson E., Yahia M.W. Wind comfort and solar access in a coastal development in Malmö // *Sweden Urban Clim*. 2020. № 33. Article 100645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100645>
16. Khodayari N., Hami A., Farrokhi N. The effect of trees with irregular canopy on windbreak function in Urban Areas // *International Journal of Architectural Engineering and Urban Planning*. 2021. № 31. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.22068/ijaup.31.3.610>
17. Stojanović N., Tešić M., Petrović M.J. The effect of roadside green spaces on wind speed reduction in the urban environment // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020. № 29(12). P. 10465–10473.
18. Brandle J.R., Tyndall J., Sudmeyer R.A. Windbreak practice // *North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice*. Ch. 5. P. 75–104. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780891183785.ch5>
19. Wade Pryor. Best evergreen windbreaks to reduce energy costs (review) // *Pryor's Nursery*. October 18, 2024. <https://pryors.com/2024/10/18/creating-windbreaks-with-evergreens-to-reduce-energy-costs/> (дата обращения 25.05.2025).
20. Fletcher T.D., Shuster W., Hunt W.F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski J.-L., Mikkelsen P.S., Rivard G., Uhl M., Dagenais D., Viklander M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more. The evolution and application of terminology surrounding urban drainage // *Urban Water Journal*. 2015. № 12(7). P. 525–542. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062x.2014.916314>
21. Kazantsev P., Marus Yu., Smelovskaya A. Landscape and climate specifics for water sensitive urban design in Vladivostok. Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. Vol. 753. Ch. 3. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/4/042057>

22. Kheir Al-Kodmany. Greenery-covered tall buildings: a review // *Buildings*. 2023. № 13(9). P. 2362. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13092362>
23. Нефедов В.А. Архитектурно-ландшафтная реконструкция как средство оптимизации городской среды: дисс. ... д-ра архитектуры. Санкт-Петербург, 2005. 329 с.
24. Biotope city Konzept // *Biotope City Journal*. Amsterdam, 2021. URL: <https://biotope-city.net/konzept/> (дата обращения: 25.05.2025).
25. van Stiphout M., Lehner M. First guide to nature inclusive design. Kindle Edition. Amsterdam, 2020. 158 p. URL: <https://nextcity.nl/first-guide-for-nature-inclusive-design/> (дата обращения 25.05.2025).
26. Бурдина Д.П., Фролова Е.И., Казанцев П.А. Конструкция фасадной системы для сбора воды в условиях умеренно-муссонного климата // *Экологически ориентированная архитектура высоких технологий: Пленарные доклады и тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции*. Москва, 24–25 ноября 2022 года. Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2022. С. 30–31.
27. Деркачева Л.Н., Русанов В.И. Климат Приморского края и его влияние на жизнедеятельность человека. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 136 с.
28. Храмова В.К., Свинухов Г.В., Есипова Е.Н. и др. Климат Владивостока (Климат города) / Под ред. Ц.А. Швер. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 167 с.
29. Пивкин В.М., Обертас О.Г., Вольтер В.А., Баранова Т.П. Санитарно-гигиеническая оценка природно-климатических условий городов Дальнего Востока для градостроительных целей (методические рекомендации). Новосибирск, 1977. 67 с.
30. Яковлев А.В. Градостроительство на Крайнем Севере. (Метод. основы градостроит. физики). Ленинград: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. 180 с.
31. One water. Rain city strategy. Appendix E. Engagement summary report 2017–2019 // *City of Vancouver*. URL: <https://vancouver.ca/files/cov/rain-city-strategy.pdf> (дата обращения 25.05.2025).
32. Шиян А.Ю., Казанцев П.А. Особенности формирования внешних систем озеленения общественных зданий в условиях юга Приморского края // *Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2024. № 1(58). С. 147–165. DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-1/147-165>
33. Yeang K. A manual for ecological design. JohnWiley & SonsLtd, 2008. 499 p.
34. Урусов В.М., Варченко Л.И., Врищ Д.Л. Владивосток – юг Приморья: вековая и современная динамика растительности. Владивосток: Дальнаука, 2010. 420 с.

## REFERENCES

1. Mutani G., Todeschi V. The effects of green roofs on outdoor thermal comfort, urban heat island mitigation and energy savings. *Atmosphere*, 2020, no. 11(2), p. 123. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11020123>
2. Kato S. An overview of green infrastructure's contribution to climate change adaptation. *Proceedings of the 13th International Symposium of Landscape Architecture, Korea, China, and Japan*, 2012, pp. 224–228. The Korean Institute of Landscape Architecture. [https://www.academia.edu/1956748/An\\_Overview\\_of\\_Green\\_Infrastructure\\_s\\_Contribution\\_to\\_Climate\\_Change\\_Adaptation](https://www.academia.edu/1956748/An_Overview_of_Green_Infrastructure_s_Contribution_to_Climate_Change_Adaptation) (accessed: 25.05.2025).
3. Graça M., Cruz S., Monteiro A., Neset T.-S. Designing urban green spaces for climate adaptation: A critical review of research outputs. *Urban Climate*, 2022, vol. 42, p. 101126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101126>
4. Hamzah T.R. Yeang: ecology of the sky / By Ivor Richards. Mulgrave, Australia: The Images Publishing Group. 2001.
5. Senthil M. Coimbatore. Green skyscrapers: a comprehensive approach to integrate greenery and bioclimatic design in high rise mixed-use buildings. *International Journal of Science and Research*, 2024, vol. 13, iss. 5. ISSN: 2319-7064. SJIF (2022): 7.942. <https://www.ijsr.net/archive/v13i5/SR24501171936.pdf> (accessed: 25.05.2025).
6. Panciewicz A., Kurianowicz A. Urban greening in the process of climate change adaptation of large cities. *Energies*, 2024, no. 17(2), p. 377. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17020377>
7. Xue Z., Hou G., Zhang Z., Lyu X., Jiang M., Zou Y., Shen X., Wang J., Liu X. Quantifying the cooling-effects of urban and peri-urban wetlands using remote sensing data: case study of cities of Northeast China. *Landsc. Urban Plan.*, 2019, no. 182, pp. 92–100.

- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.10.015>
8. Alex Tabibi. Vertical gardening for climate change mitigation. *GREENORG*, 2024. URL: <https://green.org/2024/01/30/vertical-gardening-for-climate-change-mitigation/> (accessed: 25.05.2025).
  9. Dongjin Cui, Chang Su, Jian Hang, Mengye Zhu, Guanwen Chen, Cheuk Ming Mak. Effects of vertical greening on the thermal environment and energy consumption in different street canyons. *Sustainable Cities and Society*, 2024, vol. 117, p. 105979. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105979>
  10. Mutani G., Todeschi V. The effects of green roofs on outdoor thermal comfort, urban heat island mitigation and energy savings. *Atmosphere*, 2020, no. 11(2), p. 123. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11020123>
  11. Taher H., Elsharkawy H., Newport D. The influence of urban green systems on the urban heat island effect in London. *Sustainable Built Environment Conference. Wales: Policy to Practice*. Cardiff, Wales, 24–25 Sep 2019. IOP Publishing Ltd. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/329/1/012046>
  12. Qi Z.Y. Urban forests construction and vertical greening development under climate change. *Landscape Archit. Frontiers*, 2023, no. 11(1), pp. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.15302/j-laf-1-030039>
  13. Yifan Luo, Zhuo Wu, Man Sing Wong, Jinxin Yang, Zhenzhi Jiao. Simulating the impact of ventilation corridors for cooling air temperature in local climate zone scheme. *Sustainable Cities and Society*, 2024, vol. 115, p. 105848 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105848>
  14. Dan-Yin Zhang, Ling Yang Li-Yi, Feng Jiang Liu, Xin-Chen Hong. Optimizing green spaces significantly improves wind environment and accessibility in county towns. *Land*, 2025, no. 14(4), p. 730. DOI: <https://doi.org/10.3390/land14040730>
  15. Johansson E., Yahia M.W. Wind comfort and solar access in a coastal development in Malmö. *Sweden Urban Clim.*, 2020, no. 33, article 100645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100645>
  16. Khodayari N., Hami A., Farrokhi N. The effect of trees with irregular canopy on windbreak function in Urban Areas. *International Journal of Architectural Engineering and Urban Planning*, 2021, no. 31, pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.22068/ijaup.31.3.610>
  17. Stojanović N., Tešić M., Petrović M.J. The effect of roadside green spaces on wind speed reduction in the urban environment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2020, no. 29(12), p. 10465–10473.
  18. Brandle J.R., Tyndall J., Sudmeyer R.A. Windbreak practice. *North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice*. Ch. 5. P. 75–104. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780891183785.ch5>
  19. Wade Pryor. Best evergreen windbreaks to reduce energy costs (review). *Pryor's Nursery*. October 18, 2024. <https://pryors.com/2024/10/18/creating-windbreaks-with-evergreens-to-reduce-energy-costs/> (accessed: 25.05.2025).
  20. Fletcher T.D., Shuster W., Hunt W.F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski J.-L., Mikkelsen P.S., Rivard G., Uhl M., Dagenais D., Vilklander M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more. The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 2015, no. 12(7), pp. 525–542. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062x.2014.916314>
  21. Kazantsev P., Marus Yu., Smelovskaya A. Landscape and climate specifics for water sensitive urban design in Vladivostok. *Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 753. Ch. 3. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/4/042057>
  22. Kheir Al-Kodmany. Greenery-covered tall buildings: a review. *Buildings*, 2023, no. 13(9), p. 2362. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13092362>
  23. Nefedov V.A. Architectural and landscape reconstruction as a means of optimizing the urban environment: Doctor's degree thesis. St. Petersburg, 2005. 329 p. (In Russ.).
  24. Biotope city Konzept. *Biotope City Journal*. Amsterdam, 2021. URL: <https://biotope-city.net/konzept/> (accessed: 25.05.2025).
  25. van Stiphout M., Lehner M. First guide to nature inclusive design. Kindle Edition. Amsterdam, 2020. 158 p. URL: <https://nextcity.nl/first-guide-for-nature-inclusive-design/> (accessed: 25.05.2025).
  26. Burdina D.P., Frolova E.I., Kazantsev P.A. Design of a facade system for collecting water in a moderate monsoon climate. *Ecologically oriented architecture of high technologies*. Plenary reports and abstracts of reports of the All-Russian scientific and practical conference. Moscow, November 24–25, 2022. Moscow, Moscow Institute of Architecture (State Academy), 2022. P. 30–31. (In Russ.).
  27. Derkacheva L.N., Rusanov V.I. Climate of Primorsky Krai and its influence on human life. Vladivostok: Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences, 1990. 136 p. (In Russ.).

28. Khramtsova V.K., Svinukhov G.V., Esipova E.N. et al. Climate of Vladivostok (City Climate) / Ed. by Ts.A. Shver. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1978. 167 p. (In Russ.).
29. Pivkin V.M., Obertas O.G., Volter V.A., Baranova T.P. Sanitary and hygienic assessment of natural and climatic conditions of cities in the Far East for urban development purposes (methodological recommendations). Novosibirsk, 1977. 67 p. (In Russ.).
30. Yakovlev A.V. Urban development in the Far North. (Method. foundations of urban development physics). Leningrad, Stroyizdat Publ., Leningrad branch, 1987. 180 p. (In Russ.).
31. One water. Rain city strategy. Appendix E. Engagement summary report 2017–2019. *City of Vancouver*. URL: <https://vancouver.ca/files/cov/rain-city-strategy.pdf> (accessed: 25.05.2025).
32. Shiyani A.Yu., Kazantsev P.A. Features of the formation of external landscaping systems for public buildings in the south of Primorsky Krai. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2024, no. 1(58), pp. 147–165. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-1/147-165>
33. Yeang K. A manual for ecological design. JohnWiley & SonsLtd, 2008. 499 p.
34. Urusov V.M., Varchenko L.I., Vrishch D.L. Vladivostok – South of Primorye: Centuries-old and modern dynamics of vegetation. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2010. 420 p. (In Russ.).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Березина Анастасия Александровна** – аспирант, Департамент архитектуры и дизайна Политехнического института, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Российская Федерация),

✉ [bel\\_a\\_345@mail.ru](mailto:bel_a_345@mail.ru)

**Anastasia A. Berezina**, Postgraduate Student, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russian Federation).

**Казанцев Павел Анатольевич** – кандидат архитектуры, профессор, Департамент архитектуры и дизайна Политехнического института, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Российская Федерация),

✉ [pal-antvlad@yandex.ru](mailto:pal-antvlad@yandex.ru)

**Pavel A. Kazantsev**, Candidate in Architecture, Professor, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russian Federation).

**Шиян Александра Юрьевна** – аспирант, Департамент архитектуры и дизайна Политехнического института, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Российская Федерация),

✉ [aleksandraijr@gmail.com](mailto:aleksandraijr@gmail.com)

**Alexandra Yu. Shiyani**, Postgraduate Student, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russian Federation).

Статья поступила в редакцию / Received: 27.05.2025.

Доработана после рецензирования / Revised: 16.09.2025.

Принята к публикации / Accepted: 24.09.2025.