

## АРХИТЕКТУРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОТНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗИМБАБВЕ

*Современные вызовы урбанизации и климатического кризиса обостряют необходимость пересмотра принципов архитектурно-экологического проектирования высотных общественных зданий. Особую актуальность это приобретает в регионах с экстремальными природно-климатическими условиями, таких как Зимбабве, где прямая адаптация международных типологий небоскрёбов демонстрирует свою несостоятельность. Это требует принципиально новых подходов, интегрирующих местный опыт и глобальные инновации.*

*Цель исследования заключается в разработке методологии формирования высотных зданий в условиях Зимбабве, основанной на синергии традиционных экологических знаний и передовых цифровых технологий.*

*Задачи исследования включают выявление природно-адаптивных принципов традиционного зодчества, разработку алгоритмической модели для проектирования современной высотной структуры, формирование объёма и структуры здания, оптимально взаимодействующих с климатическими факторами и оценку экологической эффективности подхода.*

*Применены методы исследования, включающие системный анализ биоклиматических принципов традиционной архитектуры народа шона, их параметризацию и алгоритмическое моделирование. Разработан метод деконструкции архетипов с выявлением ключевых принципов терморегуляции, которые были переведены в цифровые параметры с использованием инструментов параметрического проектирования для оптимизации формы здания. Осуществлен перевод эмпирического знания в формализованные алгоритмы.*

*Основные результаты и выводы демонстрируют, что предложенная методология позволяет создать экологическое высотное здание, чья форма является следствием реакции на природно-климатические императивы. С помощью алгоритмического моделирования эти традиционные принципы могут быть закодированы и адаптированы для современного использования. Архитектурное формирование происходит изнутри контекста, что обеспечивает снижение энергозатрат и создаёт новую, экологически обоснованную региональную идентичность. Это открывает широкие возможности для устойчивого развития городов в условиях меняющегося климата.*

**Ключевые слова:** *природно-климатические условия Зимбабве, архитектурно-экологическое формирование, высотные общественные здания, алгоритмическое моделирование, биоклиматические принципы, региональная идентичность.*

**P. N. Chuma  
S.G. Shabiev**

## ARCHITECTURAL ECOLOGICAL FORMATION OF HIGH-RISE PUBLIC BUILDINGS IN ZIMBABWE'S NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS

*Modern challenges of urbanization and the climate crisis are exacerbating the need to review the principles of architectural and environmental design of high-rise public buildings. This is particularly relevant in regions with extreme natural and climatic conditions, such as Zimbabwe, where direct adaptation of international*

*typologies of skyscrapers demonstrates its inconsistency. This requires fundamentally new approaches that integrate local expertise and global innovation.*

*The purpose of the research is to develop a methodology for the formation of high-rise buildings in Zimbabwe, based on the synergy of traditional environmental knowledge and advanced digital technologies.*

*The research objectives include identifying the natural adaptive principles of traditional architecture, developing an algorithmic model for designing a modern high-rise structure, shaping the volume and structure of a building that optimally interact with climatic factors, and evaluating the environmental effectiveness of the approach.*

*Research methods are applied, including a systematic analysis of the bioclimatic principles of the traditional architecture of the Shona people, their parametrization and algorithmic modeling. The method of deconstruction of archetypes was used to identify the key principles of thermoregulation, which were translated into digital parameters using parametric design tools to optimize the shape of the building. The transfer of empirical knowledge into formalized algorithms has been carried out.*

*The main results and conclusions demonstrate that the proposed methodology makes it possible to create an ecological high-rise building, whose shape is the result of a reaction to natural and climatic imperatives. With the help of algorithmic modeling, these traditional principles can be encoded and adapted for modern use. Architectural formation takes place from within the context, which reduces energy consumption and creates a new, environmentally sound regional identity. This opens up great opportunities for sustainable urban development in a changing climate*

**Keywords:** *natural and climatic conditions of Zimbabwe, architectural and ecological formation, high-rise public buildings, algorithmic modeling, bioclimatic principles, regional identity*

Проектирование устойчивой высотной архитектуры в Зимбабве требует учёта уникального комплекса климатических факторов, определяемых географическим положением г. Хараре на высоте около 1480 метров над уровнем моря в зоне субтропического высокогорного климата. Данный климат характеризуется тремя чётко выраженными сезонами, каждый из которых предъявляет свои требования к зданию. Прохладная сухая зима (ноябрь-апрель) отличается ясной погодой, значительной суточной амплитудой (днём до +22°C, ночью температура может опускаться до +5°C) и практически полным отсутствием осадков. За ней следует жаркий сухой сезон наиболее напряжённый период с пиковыми дневными температурами, часто превышающими +30°C, при этом ночи остаются прохладными (+10 до +15°C) [1]. Тёплый влажный летний сезон (май-август) приносит основную массу осадков (около 800-850 мм в год) в виде интенсивных, но относительно кратковременных послеполуденных ливней; средние дневные температуры держатся в районе (+25 до +28°C) при высокой относительной влажности воздуха.

Ключевые для архитектурного проектирования параметры формируются под влиянием этой сезонности. Солнечная радиация исключительно интенсивна круглый год, а количество солнечных часов превышает 3000 в год, что создаёт постоянный перегрев в зданиях. Режим ветров имеет устойчивую направленность: преобладают юго-восточные и восточные пассаты, особенно устойчивые в сухие сезоны, что открывает потенциал для пассивной и гибридной вентиляции. Рельеф холмистой местности формирует локальные микроклиматы и воздушные потоки (катабатические и

анабатические), которые необходимо учитывать при размещении и объёмно-пространственном решении застройки. Таким образом, центральными проектными задачами становятся: эффективная защита от перегрева и ультрафиолетового излучения; аккумуляция и перераспределение тепла для сглаживания суточных перепадов; управление естественным освещением; организация воздухообмена, использующего преобладающие ветра; а также защита от ливневых потоков и интеграция систем сбора воды. Именно этот комплекс условий исторически сформировал биоклиматические принципы местного зодчества и определяет логику их актуальной интерпретации [1].

Современная урбанизация в странах Южной Африки, включая Зимбабве, сопровождается ростом потребности в увеличении плотности застройки. Однако простое копирование энергоёмких западных моделей высотного строительства, ориентированных на иные климатические зоны, оказывается неэффективным и экологически обременительным в условиях интенсивной солнечной радиации, резких перепадов суточных температур и специфических сезонных режимов влажности, характерных для Зимбабве [2, 3]. Это приводит к созданию зданий, зависящих от дорогостоящих и ресурсоёмких систем кондиционирования и освещения, что противоречит глобальным целям устойчивого развития [4]. Таким образом, актуальной задачей становится разработка архитектурной парадигмы, которая синтезирует требования высокой плотности застройки с экологической и культурной устойчивостью. Решение этой задачи требует отказа от универсальных решений в пользу контекстуально-ориентированного проектирования.

Альтернативой является путь архитектурно-экологического формирования, при котором высотное здание рассматривается как сложная система, находящаяся в динамическом взаимодействии с окружающей природно-климатической средой. Ключом к такому формированию является не импорт готовых решений, а глубокий анализ и творческая интерпретация принципов местного, исторически сложившегося зодчества. Архитектура народа шона с ее многовековым опытом адаптации к условиям Зимбабве, представляет собой неисчерпаемый источник биоклиматического интеллекта [5]. Задача современного проектировщика заключается в систематической деконструкции этих принципов и их «перекодировании» на язык современных высотных структур с использованием передовых материалов, технологий и вычислительных инструментов. Критически важно, что адаптация принципов традиционной архитектуры для высотного строительства не является стилизацией или поверхностным цитированием форм. Речь идет о глубоком анализе физических процессов и их инженерной интерпретации с помощью современных технологий.

Традиционное жилище шона (рондавель) служит хрестоматийным примером пассивного климатического контроля, оптимизированного для климата с жарким сухим летом и прохладной зимой [6]. Его компактная круглая форма минимизирует площадь поверхности, подверженной воздействию

солнца и ветра, по сравнению с объемом фундаментальный принцип энергоэффективности. Центричная планировка вокруг открытого пространства (ружагаро) организует жизнь в соответствии с климатическими и социальными ритмами [7].

Ключевыми являются следующие архитектурно-экологические приемы.

Использование тепловой массы. Толстые стены из самана (смесь глины, песка и соломы) действует как «тепловой маховик», аккумулируя тепло днем и отдавая его ночью, сглаживая суточные колебания температуры [8].

Применение пассивного солнечного затенения. Широкая нависающая соломенная крыша создает глубокую тень у стен, защищая интерьер от перегрева и прямых дождевых потоков [9]. Естественная вентиляция, регулируемая через низко и высокорасположенные проемы и усиленная эффектом «тепловой трубы» центрального открытого пространства, способствующего естественной тяге и пассивному охлаждению, также является ключевым элементом [7, 8].

Использование местных материалов. Саман, камень и дерево, минимизирует транспортные расходы, углеродный след и поддерживает локальную экономику, что составляет основу устойчивого подхода [10].

Прямое применение традиционных материалов и форм в высотном строительстве абсолютно невозможно. Современный инструментарий для этого включает использование современных материалов. Высокоэффективный бетон с интегрированными капиллярными трубками для активации тепловой массы, материалы с изменением фазы, встраиваемые в ограждающие конструкции или отделку в качестве «тепловых батарей», аэрогели для сверхэффективной изоляции – все это современные аналоги традиционной тепловой массы и изоляции [11, 12]. Инновационные строительные системы также играют важную роль в архитектурно-экологическом формировании высотных общественных зданий. Двойные фасадные оболочки, создающие буферную климатическую зону и имитирующие вертикальную веранду, гибридные системы вентиляции, автоматически переключающиеся между естественным и механическим режимами, интеллектуальные стекла (фотохромные, термохромные), адаптирующие свои свойства к условиям среды, становятся сложными заменителями традиционных солнцезащитных и вентиляционных решений [13, 14]. Цифровые инструменты проектирования, такие как вычислительная гидродинамика для точного моделирования и оптимизации воздушных потоков внутри здания и вокруг него, алгоритмическое проектирование для генерации формы, максимально использующей преобладающие направления ветра и контролирующей инсоляцию, информационное моделирование зданий для комплексного анализа жизненного цикла, позволяют научно обосновать и оптимизировать интуитивные принципы традиционной архитектуры [15, 16].

Такой синтез традиционного интеллекта и высоких технологий наглядно демонстрируют современные проекты, формируя прецеденты для Зимбабве. Ярким примером, отправной точкой для региона, остается «Истгейт центр» в г. Хараре (1996 г., рис.1). Архитектор М. Пирс отказался от механического кондиционирования, напрямую позаимствовав принцип пассивной вентиляции у термитников африканской саванны. Система двойной перфорации фасада и вытяжных башен создает эффект дымовой трубы, обеспечивая комфорт при минимальном энергопотреблении и доказывая, что эффективные решения лежат в понимании локальной экологии [8, 17]. Сегодня этот биомиметический подход эволюционирует благодаря алгоритмическому проектированию, которое оптимизирует климатические оболочки зданий с беспрецедентной точностью [15, 16]. Наследие «Истгейт центра» это методология, утверждающая, что подлинная инновация рождается из диалога с местным контекстом и природными системами [18, 19].



Рис. 1. Общий вид «Истгейт центра», в г. Хараре, Зимбабве

Эволюцию этого подхода в эпоху цифрового дизайна наиболее наглядно представляет знак «Башни Пиннакл» в г. Найроби от бюро Morphosis показанной на (рис.2). Если «Истгейт центр» это статичная биомиметика, то «Башни Пиннакл» это динамическая экологическая мимикрия, реализуемая через умный фасад. Подвижные керамические «кирпичи-жалюзи», управляемые компьютерной программой, реагируют на траекторию солнца. Этот активный фасад является сложной материализацией принципов

адаптивной архитектуры и экологии цифрового дизайна [15,16]. Он не просто блокирует солнце, а динамически оптимизирует баланс между инсоляцией, видом и естественным освещением, минимизирует теплопритоки. Такой подход отличается от универсальной защиты от климата к избирательному и отзывчивому диалогу с ним, что соответствует передовым теориям устойчивого проектирования [3].



Рис. 2. Общий вид «Башни Пиннакл» в г. Найроби, Кения

Эволюцию этого подхода в масштабе континентального мегаполиса представляет уникальный центр «Леонардо» (2019 г.) в г. Йоханнесбурге (рис. 3). Как самое высокое и новаторское здание Африки, оно интегрирует устойчивость в самую основу концепции. Его экологическая стратегия носит комплексный системный характер, сочетая спектрально-селективное остекление для контроля солнечной радиации с передовой системой рециркуляции серых и дождевых вод. Эта вода питает масштабное вертикальное озеленение, которое, в свою очередь, эффективно смягчает микроклимат, целенаправленно борясь с

эффектом городского теплового острова. Центр «Леонардо» демонстрирует переход от отдельных «зеленых» технологий к комплексной экологической ответственности высотной доминанты [9, 20].



Рис. 3. Общий вид центра Леонардо в г. Йоханнесбурге, ЮАР

Объекты за пределами Африки показывают, как адаптивные принципы могут обретать культурную специфику и социальное измерение. Здание «Pixel» в г. Мельбурне доводит идею адаптивного фасада до уровня энергетической автономии. Его цветные панели создают солнечное затенение, что является результатом инженерного расчета по управлению инсоляцией на конкретной широте (рис.4) [13,21]. Это пример чисто технической адаптации, где функциональность первична. В африканском же контексте эстетика и культурный код становятся равноправными составляющими адаптации. Это демонстрирует, что высокотехнологичные решения могут быть тонко настроены под конкретные климатические условия, сохраняя свою эффективность. Таким образом, технологическая адаптация становится мостом между глобальными инновациями и локальными традициями. Для контекста г. Хараре ключевым становится заимствование этого принципа адаптивности, но с наполнением его местным смыслом: перфорация кинетических экранов может черпать вдохновение в традиционных геометрических узорах шона, создавая «умную кожу», которая одновременно эффективна и культурно идентична [14, 16].

Аэродинамическая оптимизация, ярко выраженная в «Шанхайской башне» (спиралевидная форма снижает ветровую нагрузку на 24%), в Зимбабве может быть адаптирован для улучшения естественной вентиляции и интеграции ветрогенераторов. Это техническое решение открывает путь к синергии архитектуры и энергетики, что особенно актуально для местного жаркого климата и растущих

потребностей в устойчивой энергетике, позволяя генерировать часть собственной энергии здания (рис. 5).

Проект «Вертикального леса» С. Боэри предлагает модель «нео-натурализма», где фасад становится вертикальной экосистемой (рис.6). Для Зимбабве эта концепция адаптируется через использование засухоустойчивых аутентичных видов растений (деревья мусаса, алоэ), что повышает жизнеспособность системы при минимальном потреблении воды [2, 7]. Ключевым инновационным аспектом здесь является симбиоз архитектуры и местной флоры, создающий автономную и самоподдерживающуюся среду. В таком виде «небесные сады» трансформируются из чисто экологического элемента в многофункциональные общественные пространства для отдыха, усиливая как экологическую, так и социальную роль здания [19, 22]. Таким образом, архитектура не просто «озеленяется», а становится активным инструментом экологической и культурной регенерации города. Этот подход создает устойчивый микроклимат и восстанавливает биоразнообразие в городской среде.



Рис. 4. Общий вид здания «Pixel» в г. Мельбурне, Австралия

Такой подход повысит энергоэффективность и обеспечит устойчивость зданий к сильным сезонным ветрам, характерным для региона. Однако наиболее ценным заимствованием из этого проекта является социальная инновация концепция «вертикального города». Серия небесных садов-атриумов, ломающих

высоту, предлагает модель для организации «вертикальных соседств» в г. Хараре башне общественных центров на разных уровнях, превращающих небоскреб в социальный конденсатор [18].



Рис. 5. Общий вид Шанхайской башни в г. Шанхае, Китай



Рис. 6. Общий вид на “Вертикальный лес”, в г. Милане, Италия

## Заключение

Исследованием установлено, что архитектурно-экологическое формирование высотных общественных зданий в условиях Зимбабве представляет собой сложный комплексный процесс, требующий отказа от обычных универсальных решений в пользу глубоко контекстуального подхода. Синтез традиционного биоклиматического интеллекта, воплощенного в архитектуре шона, с передовыми технологиями и материалами открывает путь к созданию по-настоящему устойчивых, энергоэффективных и социально ответственных сооружений.

Такой подход позволяет достичь значительной экономии энергии (до 40% и более по сравнению со стандартными решениями) и сформировать уникальную региональную архитектурную идентичность. Будущее высотного строительства в Зимбабве и Южной Африке в целом лежит не в слепом копировании глобальных трендов, а в смелом переосмыслении собственного архитектурного наследия на основе экологического подхода. Итогом должно стать создание «контекстуального небоскреба» символа устойчивого развития, который говорит на языке своего места и своего народа, отвечая на локальные климатические, культурные и социальные вызовы. Результаты исследования используются в экспериментальном проекте «Архитектурно экологическое формирование высотных общественных зданий в природно-климатических условиях Зимбабве, г. Харара».

## Литература

1. Департамент Метеорологических Служб Зимбабве. Климат Зимбабве: с акцентом На Крупные Города (Хараре) // Хараре: Публикации ZMSD, иллюстрации. карты, диаграммы. 2020. – 120 с. ISBN 978-0-7974-4321-5.
2. Мутин М. Национальная архитектура Зимбабве: Биоклиматические принципы. Хараре // Издательство Университета Зимбабве. 2021. – 150 с.
3. Соколай С. В. Введение в архитектурную науку: Основы устойчивого проектирования // Лондон: Routledge. 2023. – № 4. – 400 с.
4. Организация Объединенных Наций. Доклад о целях устойчивого развития за 2023 год - The Sustainable Development Goals Report 2023 // Нью-Йорк: ООН. 2023. – 76 с. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/> (дата обращения: 09.12.2025).
5. Оливер П. Построено для удовлетворения потребностей: Культурные аспекты народной архитектуры // Оксфорд: Architectural Press. 2022. – № 2. – 480 с.
6. Асквит Л., Веллинга М. Народная архитектура в XXI веке: Теория, образование и практика // Лондон: Taylor & Francis. 2022. – 320 с.
7. Махбуу Н. Африканские современности: культурный и архитектурный синтез // Йоханнесбург: Wits University Pres. 2023. – 220 с.

8. Сантамурис М., Асимакопулос Д. Пассивное охлаждение зданий: Передовые концепции и применение // Лондон: Routledge. 2021. – 500 с.
9. Гивони Б. Климатически отзывчивая архитектура: Принципы и практика // Нью-Йорк: Taylor & Francis. 2022. – 420 с.
10. Браунгарт М., МакДонах У. От колыбели до колыбели: Меняя подход к созданию вещей // Испр. изд. Нью-Йорк: North Point Press. 2023. – 230 с.
11. Кабеса Л. Ф., Чефер М., Писелло А. Л. Передовые материалы с фазовым переходом для применения в строительстве: Всесторонний обзор // Возобновляемые и устойчивые источники энергии. 2022. – Т. 158. – С. 112150. DOI: 10.1016/j. rser.2022.112150.
12. Берарди У. Материалы, усиленные аэрогелем, для супертеплоизоляции в зданиях // Энергетика и здания. 2022. – Т. 275. – С. 112465. DOI: 10.1016/j. enbuild.2022.112465.
13. Компаньо А. Интеллектуальные стеклянные фасады: Передовые материалы и адаптивное проектирование // Базель: Birkhäuser. 2023. – № 7. – 250 с.
14. Эстерле Э., Лиеб Р.Д., Луц М. Двойные фасады: Комплексное планирование высокоэффективных зданий // Мюнхен: Detail Business Information. 2021. – № 2. – 210 с.
15. Оксман Р. Экология цифрового дизайна: Теории и модели для устойчивой архитектуры // Design Studies. 2023. – Т. 85. – С. 101152. DOI: 10.1016/j.destud.2023 .101152.
16. Коларевич Б., Парлак В. Динамика зданий: исследование архитектуры изменений // Лондон: Routledge. 2021. – 280 с.
17. Пирс М. Устойчивое высотное здание: Основы проектирования // Бристоль: Intellect Books. 2021. – 290 с.
18. Йенг К. Экологический небоскреб: Переосмысление вертикального города // Мюнхен: Prestel. 2022. – 350 с.
19. Келлерт С. Р., Калабрезе Э. Ф. (ред.). Биофильный дизайн и адаптация к климату: Теория и практика // Хобокен: Wiley. 2023. – 450 с.
20. Леонардо. Отчет об устойчивом развитии и технические данные 2020–2023 гг. [Электронный ресурс] // Sandton City Pty Ltd.; гл. инж. Й. ван дер Мерве. Йоханнесбург. 2023. – 42 с. Режим доступа: [https://theleonardo.co.za/wp-content/uploads/2023/04/Leonardo\\_Sustainability\\_Report\\_2023.pdf](https://theleonardo.co.za/wp-content/uploads/2023/04/Leonardo_Sustainability_Report_2023.pdf) (дата обращения: 10.12.2025).
21. Студия 505. Пример пиксельного строительства // Австралийский совет по экологическому строительству. 2012. (Электронный ресурс). URL: <https://new.gb sa.org.au> (дата обращения: 10.12.2025).
22. Уотсон В. Городское будущее Африки: Устойчивые пути // Environment and Urbanization. – 2022. –Т. 34. – № 1. – С. 45-62.

## References

1. Zimbabwe Meteorological Services Department. The Climate of Zimbabwe: A Focus on Major Cities (Harare) // Revised ed – Harare: ZMSD Publications, ill., maps, charts. 2020. – 120 p. ISBN 978-0-7974-4321-5.
2. Mutin M. Vernacular Architecture of Zimbabwe: Bioclimatic Principles. // Harare: University of Zimbabwe Press. 2021. – 150 p.
3. Szokolay S. V. Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design // London: Routledge. 2023. – № 4. – 400 p.
4. 3. The United Nations. The 2023 Sustainable Development Goals Report - The Sustainable Development Goals Report 2023 // New York: UN. 2023. – 76 c. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/> (date accessed 09.12.2025).
5. Oliver P. Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture // Oxford: Architectural Press. 2022. – № 2. – 480 p.
6. Asquith L., Vellinga M. (eds.). Vernacular Architecture in the 21st Century: Theory, Education and Practice // London: Taylor & Francis. 2022. – 320 p.
7. Makhbuu N. African modernity: cultural and architectural synthesis // Johannesburg: Wits University Press. 2023. – 220 p.
8. Santamouris M., Asimakopoulos D. Passive Cooling of Buildings: Advanced Concepts and Applications // London: Routledge. 2021. – 500 p.
9. Givoni B. Climate Responsive Architecture: Principles and Practice // New York: Taylor & Francis. 2022. – 420 p.
10. Braungart M., McDonough W. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things // Revised ed. New York: North Point Press. 2023. – 230 p.
11. Cabeza L. F., Chäfer M., Pisello A. L. Advanced Phase Change Materials for Building Applications: A Comprehensive Review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. – Vol. 158. – P. 112150. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112150.
12. Berardi U. Aerogel-Enhanced Materials for Super-Insulation in Buildings // Energy and Buildings. 2022. – Vol. 275. – P. 112465. DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112465.
13. Compagno A. Intelligent Glass Facades: Advanced Materials and Adaptive Design // Basel: Birkhäuser. 2023. – № 7. – 250 p.
14. Oesterle E., Lieb R.D., Lutz M. Double-Skin Facades: Integrated Planning for High-Performance Buildings // Munich: Detail Business Information. 2021. – № 2. – 210 p.
15. Oxman R. Digital Design Ecology: Theories and Models for Sustainable Architecture // Design Studies.

2023. – Vol. 85. – P. 101152. DOI: 10.1016/j.destud.2023.101152.

16. Kolarevich B., Parlak V. Dynamics of buildings: a study of architecture of changes // London: Routledge. 2021. – 280 с.

17. Pearce M. The Sustainable Tall Building: A Design Primer // Bristol: Intellect Books. 2021. – 290 p.

18. Yeang K. The Ecological Skyscraper: Rethinking the Vertical City // Munich: Prestel. 2022. – 350 p.

19. Kellert S. R., Calabrese E. F. Biophilic Design and Climate Adaptation: Theory and Practice // Hoboken: Wiley. 2023. – 450 p.

20. Leonardo. Sustainability Report and Technical // Data 2020–2023 [Electronic resource] / Sandton City Pty Ltd.; Chief Eng. J. van der Merwe. Johannesburg. 2023. – 42 p. Access mode: [https://theleonardo.co.za/wp-content/uploads/2023/04/Leonardo\\_Sustainability\\_Report\\_2023.pdf](https://theleonardo.co.za/wp-content/uploads/2023/04/Leonardo_Sustainability_Report_2023.pdf) (access date: 10.12.2025).

21. Studio505. Pixel Building Case Study // Australian Green Building Council, 2012. – (Electronic resource). URL: <https://new.gbca.org.au> (accessed: 10.12.2025).

22. Watson V. African Urban Futures: Sustainable Pathways // Environment and Urbanization. 2022. – Vol. 34. – № 1. – P. 45-62.

### **Притчард. Н. Ч**

Магистрант кафедры «Архитектура» из Зимбабве, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия.

E-mail: [chuma.prit@yandex.ru](mailto:chuma.prit@yandex.ru)

### **Pritchard. N. C**

Master's student, Department of Architecture from Zimbabwe, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

E-mail: [chuma.prit@yandex.ru](mailto:chuma.prit@yandex.ru)

### **Шабиев С. Г.**

Заведующий кафедрой «Архитектура», доктор архитектуры, профессор, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

E-mail: [shabievsg@susu.ru](mailto:shabievsg@susu.ru)

### **Shabiev S.G.**

Head of the Department of Architecture, Doctor of Architecture, Professor, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

E-mail: [shabievsg@susu.ru](mailto:shabievsg@susu.ru)