



Формообразующее влияние экологии на архитектуру высотных общественных зданий

С.Г. Шабиев^{1✉}, Н.В. Черепанов^{2,3}

^{1,2}Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

³ООО ПГ «УРАЛ», Челябинск, Россия

Аннотация. В результате исследований кафедры «Архитектура» Южно-Уральского государственного университета по актуальной проблеме экологической архитектуры было установлено, что в контексте глобальной экологизации строительства и перехода к парадигме устойчивого развития особую научно-практическую значимость приобретает анализ взаимосвязи между экологическими стратегиями и архитектурной концепцией. В качестве методологической основы применен комплексный подход, включающий сравнительный анализ современных отечественных и зарубежных проектов, а также последующую систематизацию архитектурно-планировочных приемов, определяемых экологическими императивами. В ходе исследования выявлена устойчивая причинно-следственная взаимосвязь между экологическими стратегиями и архитектурными решениями, проявляющаяся в формировании специфической пластики фасадов, аэродинамически оптимизированной конфигурации объемов, рациональной пространственной организации и т. д. Установлены и классифицированы конкретные принципы адаптивной геометрии, интеграции биоклиматических элементов, функционально-планировочной гибкости и адаптивности, иерархической организации оболочки, задающие новый вектор для синтеза архитектурной эстетики и экологической эффективности. На основе проведенного анализа определены стратегические направления включения экологических аспектов в архитектурный проектировочный процесс. Данные принципы имеют универсальный характер и могут быть адаптированы для проектирования высотных зданий в различных климатических и градостроительных контекстах. Сформулированы перспективы трансформации архитектурного процесса через применение цифровых технологий, в частности, искусственного интеллекта и предиктивного моделирования, для практического формирования высотных зданий нового поколения, отвечающих критериям экологической регенерации и устойчивого развития городской среды.

Ключевые слова: высотные общественные здания, экологическая архитектура, формообразование, устойчивое развитие, экологические факторы, архитектурные концепции, проектный процесс

Для цитирования: Шабиев С.Г., Черепанов Н.В. Формообразующее влияние экологии на архитектуру высотных общественных зданий // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2026. Т. 16. № 1. С. 239–252. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2026-1-239-252>. EDN: AAYFFY.

Original article

The formative influence of ecology on the architecture of high-rise public buildings

Salavat G. Shabiev^{1✉}, Nikita V. Cherepanov^{2,3}

^{1,2}South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

³URAL Design Group LLC, Chelyabinsk, Russia

Abstract. As a result of the research of the Architecture Department of South Ural State University on the urgent problem of environmental architecture, it was found that in the context of global greening of construction and the transition to a paradigm of sustainable development, the analysis of the relationship

between environmental strategies and architectural concepts is of particular scientific and practical importance. A comprehensive approach has been applied as a methodological basis, including a comparative analysis of modern domestic and foreign projects, as well as the subsequent systematization of architectural and planning techniques determined by environmental imperatives. The study revealed a stable causal relationship between environmental strategies and architectural solutions, manifested in the formation of specific facade plastics, aerodynamically optimized volume configuration, rational spatial organization, etc. Specific principles of adaptive geometry, integration of bio-climatic elements, functional planning flexibility and adaptability, hierarchical organization of the shell, which set a new vector for the synthesis of architectural aesthetics and ecological efficiency, have been identified and classified. Based on the analysis, strategic directions for the inclusion of environmental aspects in the architectural design process have been identified. These principles are universal in nature and can be adapted for the design of high-rise buildings in various climatic and urban planning contexts. The prospects for the transformation of the architectural process through the use of digital technologies, in particular, artificial intelligence and predictive modeling, for the practical formation of new-generation high-rise buildings that meet the criteria of ecological regeneration and sustainable urban development are formulated.

Keywords: high-rise public buildings, ecological architecture, shaping, sustainable development, environmental factors, architectural concepts, design process

For citation: Shabiev S.G., Cherepanov N.V. The formative influence of ecology on the architecture of high-rise public buildings. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2026;16(1):239-252. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2026-1-239-252>. EDN: AAYFFY.

ВВЕДЕНИЕ

Кафедра «Архитектуры» Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) проводит многолетние исследования в области экологической архитектуры, по результатам которых были изданы монографии, опубликованы научные статьи, защищены докторские и кандидатские диссертации.

В настоящее время активно развиваются научные исследования в области экологизации высотного строительства, включая разработку принципов устойчивого развития и методов интеграции экологических аспектов в процесс архитектурного проектирования [1]. Активный рост объемов высотного строительства в условиях глобальной урбанизации объективно обусловлен экономическими факторами и дефицитом городских территорий. Это сопровождается значительным увеличением энергопотребления и воздействия на окружающую среду, что требует принципиально новых подходов к проектированию высотных зданий [2]. В условиях ужесточения экологических нормативов и роста общественного внимания к проблемам устойчивого развития, формирование новых архитектурных решений, отвечающих современным экологическим требованиям, становится особенно актуальным.

Выбор для исследования высотных общественных зданий международного уровня, включая объекты в России, Китае и странах Запада, обусловлен их значительным влиянием на развитие архитектурных тенденций. Такие здания как Лахта Центр в г. Санкт-Петербурге,

Shanghai Tower («Шанхайская башня») в Китае и The Shard в г. Лондоне демонстрируют различные подходы к интеграции экологических стратегий в архитектурную концепцию [3–5]. Особый интерес представляет анализ того, как экологические требования трансформируются из технических параметров в полноценные формообразующие факторы, определяющие пластическое решение, пространственную организацию и архитектурный образ здания.

Повышенное внимание международного архитектурного сообщества к проблемам экологии обусловило необходимость системного анализа взаимосвязи между экологическими стратегиями и архитектурной формой. Изучение современных проектов высотных зданий позволяет выявить устойчивые принципы формообразования, возникающие под влиянием экологических императивов. Цель исследования – выявление и систематизация принципов формообразования в архитектуре высотных общественных зданий, обусловленных экологическими требованиями и стратегиями устойчивого развития, и определение перспектив их включения в архитектурный проекторочный процесс.

МЕТОДЫ

Основу методического аппарата составил сравнительный анализ, позволивший выявить общие закономерности и региональные особенности экологического формообразования. В рамках этого метода проводилось сопоставление ключевых параметров репрезентативных объектов высотного строительства в

России, Западной Европе и Азии. Были проанализированы объемно-пространственные решения, пластические характеристики фасадов и применяемые экологические стратегии.

Изучение конкретных проектов дало возможность перейти от выявления общих тенденций к детальному анализу механизмов влияния экологических требований на архитектурную форму. На примере объектов экологического строительства мирового значения были исследованы взаимосвязи между инженерными решениями в области аэродинамики, энергоэффективности, озеленения и их формальным воплощением.

На следующем этапе была проведена систематизация и классификация полученных данных, что позволило перейти от наблюдений к структурированной системе знаний. Результатом этой работы стало формулирование ключевых принципов формообразования, включая адаптивную геометрию, интеграцию биоклиматических элементов, функционально-планировочную гибкость и иерархическую организацию оболочки.

На основе визуального анализа проектных материалов и фотофиксации реализованных объектов была произведена оценка эстетического воздействия экологических стратегий и проведен морфологический анализ архитектурных форм.

Применение данного комплекса методов обеспечило целостность и достоверность исследования, позволив не только описать внешние проявления экологического подхода в архитектуре высотных зданий, но и выявить внутренние причинно-следственные связи между концепцией устойчивого развития и результирующей архитектурной формой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Современная архитектура высотных зданий переживает фундаментальную трансформацию, в ходе которой экологические требования эволюционируют от второстепенных технических параметров до уровня системообразующего концептуального фактора. Этот переход отражает общую смену парадигмы в архитектурном проектировании, где устойчивое развитие становится не просто дополнением, а основополагающим принципом формообразования. Современный «зеленый небоскреб» представляет собой сложный синтез инженерной мысли и художественного образа, где экологическая эффективность достигается не столько за счет технологических надстроек, сколько благодаря архитектурным решениям, заложенным в самой морфологии здания [4–6]. Особую значимость экологическое формообразование приобретает в контексте высотного

строительства, где масштаб воздействия на окружающую среду многократно усиливается. По данным Минприроды России на строительство и эксплуатацию зданий приходится около 40 % потребления энергии и 30 % выбросов парниковых газов [7]. Высотные сооружения, характеризующиеся значительной площадью ограждающих конструкций, высокими ветровыми нагрузками и сложными системами жизнеобеспечения, демонстрируют пропорционально увеличенное ресурсопотребление на единицу площади.

В этой связи поиск архитектурных решений, позволяющих сократить энергопотребление и минимизировать экологический след через саму форму здания, становится стратегической задачей. Оптимизация геометрии объема, рациональное построение плана и разработка эффективной фасадной системы позволяют достичь значительной экономии энергоресурсов уже на стадии эксплуатации, компенсируя первоначальные инвестиции в экологичные технологии. Таким образом, архитектурная форма выступает в роли первичного элемента энергоэффективности, действие которого сохраняется на протяжении всего жизненного цикла сооружения.

Анализ международного опыта позволяет выделить несколько ключевых направлений влияния экологических стратегий на архитектурную концепцию. Первое направление связано с оптимизацией формы в ответ на климатические и аэродинамические воздействия. Ярким примером такого подхода является небоскреб Shanghai Tower (г. Шанхай, Китайская народная республика (КНР)) (рис. 1а), где асимметричная спиралевидная форма фасада стала результатом комплексного компьютерного моделирования ветровых потоков. Архитекторы и инженеры «закрутили» план на 120 градусов вокруг своей оси на всей высоте здания, которая не только снизила ветровую нагрузку, но и позволила существенно уменьшить массу конструкций, что привело к экономии материалов [4]. При этом спиральный ритм фасада не является декоративным в части планировки – он организует расположение девяти внутренних атриумов, создающих систему естественной вентиляции и обеспечивающих инсоляцию внутренних помещений. Подобный подход был применен архитекторами в российской практике – в санкт-петербургском Лахта Центре (рис. 1б), где ярко видна адаптация международного опыта к специфическим климатическим и инженерно-геологическим условиям. Инновационная форма башни, представляющая собой скрученный на 90 градусов по высоте многогранник (торсионная структура),

была выбрана в том числе из соображений аэродинамики и оптимизации распределения ветровых нагрузок [8]. Являясь самым северным небоскребом в мире, Лахта Центр успешно сдерживает натиск сурового климата Финского залива. Кроме особой формы, в сооружении применен двойной вентилируемый фасад с автоматизированными створками, позволяющий минимизировать теплопотери, а также предусмотрены особые лоджии – буферные зоны – занимающие место в каждом из «лепестков» башни и участвующие в терморегуляции. Таким образом, экологическая и конструктивная стратегии в этом проекте неразрывно связаны и определяют пространственную организацию и уникальный архитектурный облик здания. Второе направление проявляется в интеграции пассивных энергоэффективных систем в архитектурную композицию, когда инженерные экологические решения не просто добавляются к проекту, а становятся основой архитектурного замысла. Проект The Shard (г. Лондон, Великобритания) (рис. 1с) демонстрирует как экологические требования могут генерировать сложную пластику фасада. Конструкция здания представляет собой систему из восьми стеклянных фасадов, образующих расчлененный объем с выраженными гранями. Поэтажное смещение фасадных плоскостей обеспечивает оптимальное пассивное солнечное освещение внутреннего пространства. Следует отметить, что каждый из стеклянных скатов ориентирован под определенным углом к солнцу, что минимизирует перегрев интерьеров и в то же время создает сложную игру отражений на фасаде. Архитектор Ренцо Пиано трансформировал техническое требование энергоэффективности в выразительный архитектурный образ – фрагментированный, тектонически насыщенный объем, меняющий свой характер в зависимости от угла обзора и освещения.

Таким образом, экологическое решение становится здесь не просто техническим приемом, а инструментом создания уникальной архитектурной идентичности, где эстетический эффект возникает как прямое следствие оптимизированных экологических характеристик здания [5]. Третье направление представляет собой интеграцию возобновляемых источников энергии в архитектурную композицию, при которой инженерные установки превращаются из сугубо утилитарных элементов в мощные средства архитектурной выразительности. Ярким примером такого подхода являются башни Бахрейнского всемирного торгового центра (г. Манама, Бахрейн) (рис. 2а), демонстрирующие

принципиально новое понимание синтеза энергоэффективных технологий и архитектурной формы.

В этом проекте три массивные горизонтальные ветровые турбины, диаметром 29 м каждая, не просто интегрированы в структуру здания, а нарочито акцентированы и представлены в качестве доминирующего элемента экологической структуры фасада [9].

Архитекторы намеренно подчеркнули технологическую сущность этих элементов, сохранив их инженерную эстетику и расположив на высоте 85 м между двумя 240-метровыми парусообразными башнями.

Расположенные между двумя башнями, образующими форму морского паруса, турбины используют аэродинамический эффект Вентури для генерации электроэнергии, при котором воздушный поток между башнями ускоряется на 30 %, существенно повышая КПД ветрогенераторов. Это архитектурно-инженерное решение покрывает до 15 % энергопотребления комплекса [10]. Принципиально иной подход к использованию того же аэродинамического эффекта Вентури демонстрирует Pearl River Tower («Башня Жемчужной реки») (г. Гуанчжоу, КНР) (рис. 2б). В этом 309-метровом небоскребе эффект Вентури применен для пассивной вентиляции, а также ускорения вращения лопастей ветряков особой конструкции, однако сама инженерная система тщательно скрыта внутри архитектурного объема (в четырех отверстиях в фасадах установлены турбины Дарье, ось вращения которых перпендикулярна ветровым потокам). Здесь аэродинамическая форма здания, представляющая собой два симметричных лепестка с пространством между ними, создает зону пониженного давления на верхних этажах. Этот перепад давлений также естественным образом вытягивает нагретый воздух из центрального 70-метрового атриума через практически невидимые вентиляционные отверстия в верхней части здания, обеспечивая значительную экономию энергии на кондиционировании [11, 12]. Четвертое направление связано с созданием вертикальных экосистем, представляющих собой переход от метафоры «зеленого здания» к его реальному воплощению в виде сложной биотехнической системы. Проект Bosco Verticale (г. Милан, Италия) (рис. 2с) архитектора Стефано Бозери представляет собой концептуальный прорыв, где растительность становится не декоративным элементом озеленения, а полноценной функциональной составляющей архитектуры, интегрированной в конструктивную и инженерную структуру здания.

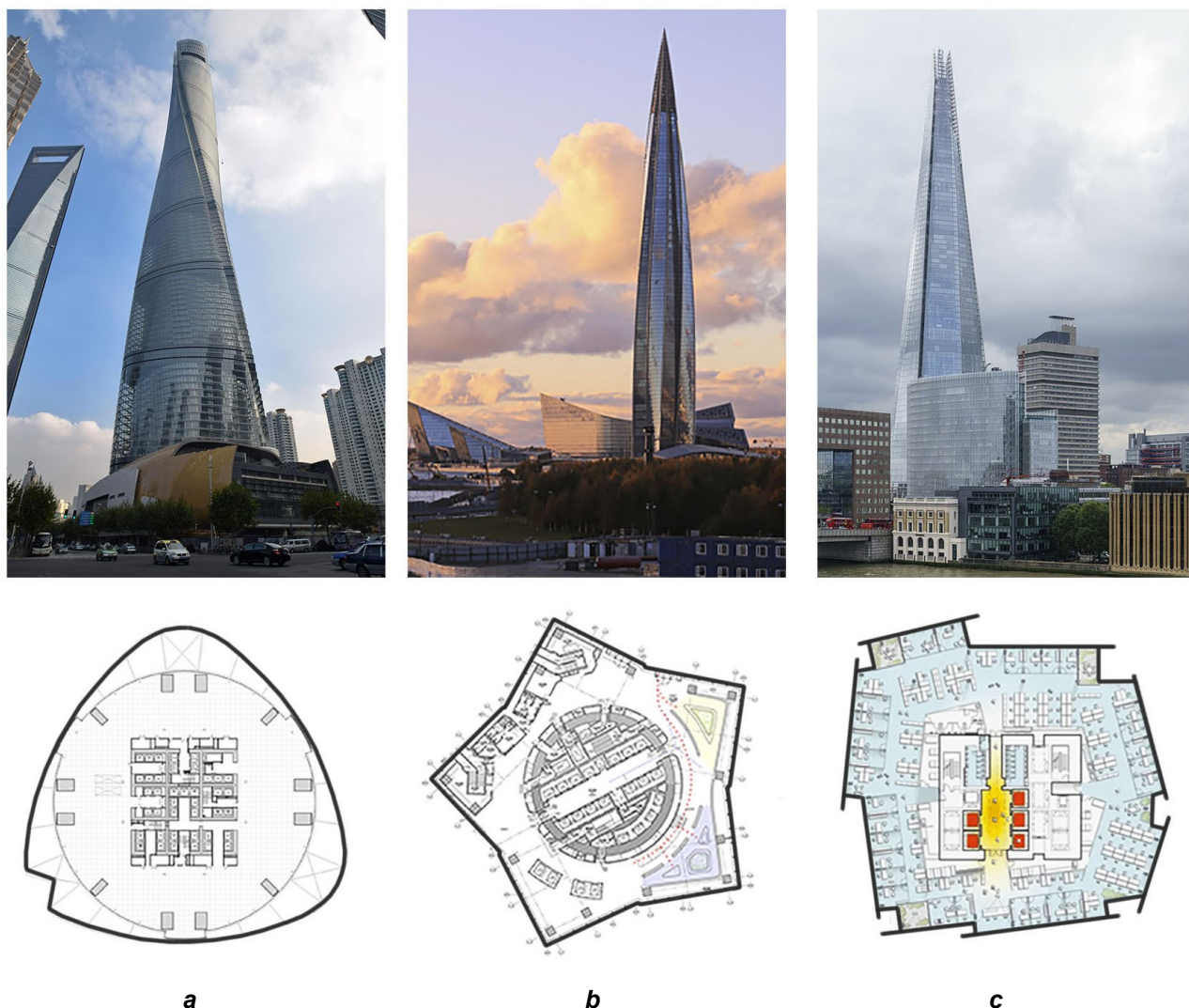


Рис. 1. Перспективный вид и планировочная структура высотных экологических зданий:
a – Shanghai Tower в КНР; b – Лахта Центр в России; c – The Shard в Великобритании
Fig. 1. Perspective view and spatial planning structure of high-rise ecological buildings:
a – Shanghai Tower in China; b – Lakhta Center in Russia; c – The Shard in the United Kingdom

Специально спроектированные железобетонные консоли балконов, разнообразные по форме и выносу, обеспечивают необходимый объем грунта для роста около 900 деревьев, 5000 кустарников и 15 000 многолетних растений, что в пересчете на площадь составляет эквивалент 30 000 м² настоящего леса. Формируемая таким образом сложная экосистема выполняет ряд критически важных функций: поглощает до 30 т углекислого газа в год, производит кислород, эффективно фильтрует частицы пыли из городского воздуха, создает естественную шумоизоляцию и, что особенно важно, регулирует тепловой режим помещений за счет испарительного охлаждения и сезонного затенения [13]. Инженерная инфраструктура здания, включая систему автоматического капельного полива с использованием очищен-

ной сточной воды и платформы для обслуживания фасада-леса, является его неотъемлемой и продуманной частью. Этот проект демонстрирует как экологическая стратегия может породить принципиально новый архитектурный тип — «обитаемую экосистему», создавая новую, одушевленную эстетику биоурбанизма, где фасад становится динамичной, живой и меняющейся, в зависимости от сезона, средой. Таким образом, экологические стратегии в современной высотной архитектуре трансформируются из набора технических требований в мощный концептуальный ресурс, определяющий не только инженерные решения, но и формально-эстетические качества объектов. Этот переход знаменует становление новой архитектурной парадигмы, где экология и форма находятся в отношениях взаимной детермина-

ции, создавая основу для устойчивого развития городской среды. На основе проведенного анализа выдающихся примеров экологического строительства из мирового опыта на кафедре «Архитектура» ЮУрГУ на стадии ВКР был разработан экспериментальный проект

высотного общественного здания (рис. 3), основывающийся на шести основных подходах к экологическому проектированию: ветрогенерации, водосбережении, фото-термоаккумуляции, использовании вертикальных садов, компостировании и рекуперации.



Рис. 2. Перспективный вид и планировочная структура высотных экологических зданий: а – Бахрейнский всемирный торговый центр в Бахрейне; б – Pearl River Tower в КНР; с – Bosco Verticale в Италии

Fig. 2. Perspective view and spatial planning structure of high-rise ecological buildings: a – Bahrain World Trade Center in Bahrain; b – Pearl River Tower in China; c – Bosco Verticale in Italy

Выявленные в ходе исследования принципы активной экологичности (снижение отрицательного воздействия на окружающую среду; автоматизация здания с применением ресурсосберегающих технологий; экологизация архитектурного пространства; оптимизация структуры здания на основе замкнутых техногенных циклов) позволили создать удовлетворяющий градостроительным принципам и образно-художественным решениям современных зданий экспериментальный проект.

Основной особенностью здания является формирование сбалансированной природно-техногенной структуры (ПТС) – гармоничного взаимопроникающего синтеза окружающей среды и здания – являющей «зеленую вертикаль» сооружения.

Начинаясь с первого этажа крытым зимним садом, вертикальные сады поднимаются двухэтажными объемами практически на всю высоту здания, обеспечивая небольшими скварами каждый рабочий этаж, и оканчиваются на

отметке 121,5 м трехъярусным «небесным садом», занимающим всю площадь этажа. В проекте предусмотрено применение теплоэлектрогенераторов, остекления с люминесцентными солнечными концентраторами, ветро- и льдогенераторов, систем рекуперации энергии и тепла, компостирования, экосистем вертикальных садов и т. д. Общая схема экологичности здания по сути своей напоминает экосистему, где происходит обмен веществ и энер-

гии, стремящуюся повысить свою эффективность и автономность. Такой подход позволил максимально снизить нагрузку здания на окружающую среду, коммунальные сети города, а также повысить его автономность [14].

На XXXIII Международном смотре-конкурсе ВКР по архитектуре, дизайну и искусству МООСАО была удостоена диплома I степени и диплома МАРХИ (автор – Черепанов Н.В., руководители – Шабиев С.Г. и Тюрин М.Ю.).

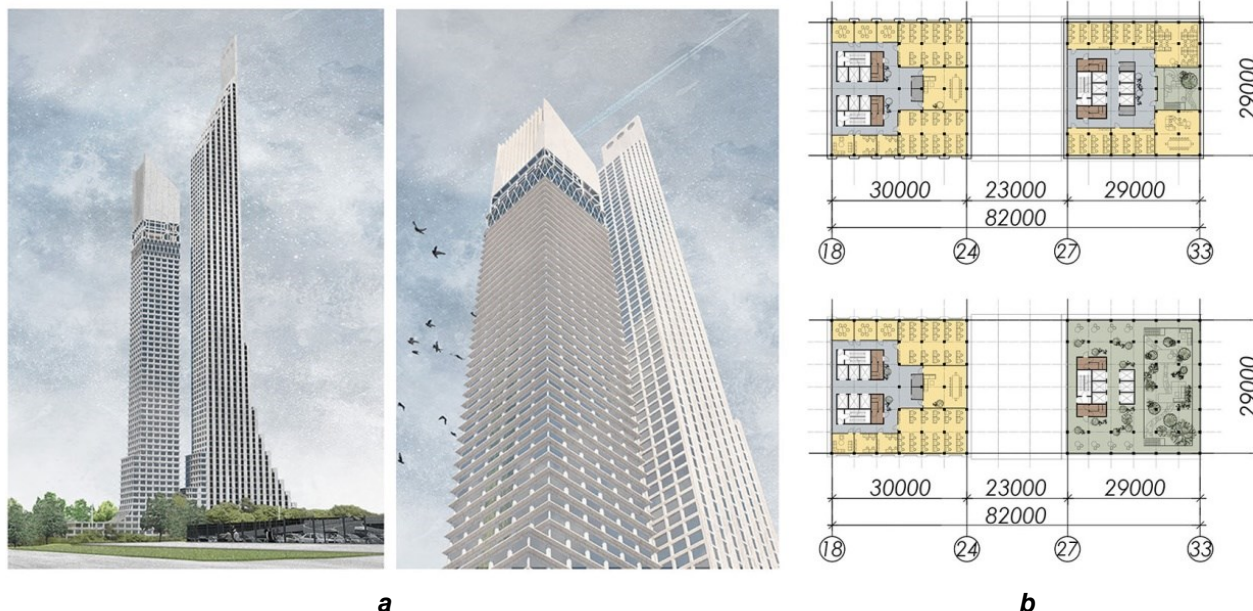


Рис. 3. Перспективный вид и планировочная структура экспериментального проекта высотного здания: а – перспективный вид; б – планировочная структура
Fig. 3. Perspective view and spatial planning structure of an experimental high-rise building project: а – perspective view; б – spatial planning structure

Систематизация принципов формообразования в экологической архитектуре высотных зданий

На основе проведенного анализа конкретных архитектурных решений можно систематизировать ключевые принципы формообразования, определяемые экологическим подходом к проектированию. Эта систематизация позволяет перейти от анализа частных случаев к выявлению общих закономерностей, имеющих методологическое значение для практики проектирования.

Принцип адаптивной геометрии

Представляет собой фундаментальный подход к формообразованию в экологической архитектуре, при котором геометрические параметры здания целенаправленно оптимизируются для минимизации негативного воздействия на окружающую среду и снижения энергопотребления.

В отличие от традиционного подхода, где форма часто определяется преимущественно

эстетическими соображениями, адаптивная геометрия предполагает подчинение архитектурного объема строгим экологическим императивам через сложные инженерные расчеты и компьютерное моделирование.

Методологической основой принципа является интеграция параметрического проектирования и вычисления аэродинамических свойств, позволяющих анализировать множество вариантов геометрических конфигураций для достижения оптимальных показателей энергоэффективности.

Процесс оптимизации включает несколько взаимосвязанных аспектов: аэродинамическое моделирование для снижения ветровых нагрузок, солярный анализ для оптимального распределения инсоляции, термодинамическое моделирование для минимизации теплопотерь и теплопоступлений.

Современная практика демонстрирует эволюцию принципа от простого снижения ветровых нагрузок к комплексной пространственной

организации. Внешний контур здания оптимизируется для аэродинамики, тогда как внутренняя структура формируется с учетом создания климатических буферов и систем естественного освещения. Это позволяет достичь синергетического эффекта, при котором геометрия одновременно решает задачи энергосбережения, конструктивной эффективности и создания комфортной среды [15]. Экономическая составляющая принципа проявляется в многократной компенсации первоначальных затрат на сложное моделирование через снижение расхода материалов каркаса, упрощение фундаментных конструкций, значительное уменьшение эксплуатационных расходов на отопление и кондиционирование. Важным аспектом является градостроительное измерение адаптивной геометрии. Оптимизированные формы не только улучшают микроклимат внутри здания, но и способствуют формированию комфортной городской среды, минимизируя турбулентность и ветровые потоки в приземном слое атмосферы, что особенно актуально для плотной городской застройки.

Таким образом, принцип адаптивной геометрии представляет собой системный подход к формообразованию, интегрирующий экологические, конструктивные, экономические и градостроительные аспекты в единое архитектурное решение, где форма становится прямым выражением энергоэффективности и инструментом достижения целей устойчивого развития.

Принцип интеграции биоклиматических элементов

Представляет собой концептуальный подход, при котором инженерные системы и природные компоненты, обеспечивающие энергоэффективность и экологичность здания, трансформируются из сугубо утилитарных элементов в доминанты архитектурного выражения.

Этот принцип предполагает изменение подхода к техническим решениям как к сугубо утилитарным элементам и их активной демонстрации в качестве визуального свидетельства экологической ответственности и технологического прогресса.

Методологической основой принципа является комплексный подход, объединяющий архитектурное проектирование, инженерные дисциплины и экологию.

Процесс интеграции включает несколько уровней: функциональный (непосредственное выполнение энергосберегающих и средообразующих функций), композиционный (формирование архитектурного образа через выявление

биоклиматических элементов) и символический (визуальная трансляция идеи устойчивого развития).

Современная практика демонстрирует разнообразие типов интеграции биоклиматических элементов. К наиболее значимым относятся: активные фасадные системы (динамические машрабии (декоративные решетки), адаптивные солнцезащитные элементы), системы возобновляемой энергетики (интегрированные ветрогенераторы, фотоэлектрические панели), фитосистемы (вертикальные озеленения, фиторемедиационные установки) и гидрологические системы (сбор и очистка дождевой воды, испарительное охлаждение).

Технологической основой принципа выступает развитие «умных» материалов и адаптивных систем, способных реагировать на изменения внешней среды. Особый интерес представляют биомиметические решения, заимствующие принципы природных систем для создания высокоэффективных климатических оболочек. Вертикальные леса способны поглощать до 30 т CO₂ [13], адаптивные фасады снижают солнечную нагрузку, а интегрированные ветрогенераторы обеспечивают часть энергопотребления здания. Экономическая целесообразность реализации принципа подтверждается расчетами жизненного цикла, демонстрирующими окупаемость инвестиций за счет значительного снижения эксплуатационных расходов. Дополнительный экономический эффект достигается за счет повышения престижа объекта и его рыночной стоимости [16]. Градостроительное значение принципа заключается в способности биоклиматических элементов улучшать экологическую ситуацию в городской среде.

Вертикальные экосистемы участвуют в очистке воздуха, снижении эффекта теплового острова, сохранении биоразнообразия, формируя новое качество городской среды.

Таким образом, принцип интеграции биоклиматических элементов формирует новый семантический архитектурный язык, где технологические и природные компоненты становятся выразительными средствами композиции, визуализируя экологическую роль здания и способствуя формированию эстетики устойчивого развития в общественном сознании.

Принцип функционально-планировочной гибкости и адаптивности

Представляет собой стратегический подход к проектированию высотных зданий, ориентированный на обеспечение их долговечности и устойчивости через создание пространственных структур, способных к эффективной

трансформации в ответ на меняющиеся функциональные требования, технологические уклады и социальные потребности. Данный принцип преодолевает парадигму статичного здания, предлагая вместо нее модель динамичной архитектурной системы, обладающей свойством управляемой эволюции в течение всего жизненного цикла.

Методологической основой принципа является интеграция параметрического прогнозирования сценарного развития и анализа жизненного цикла, позволяющих проектировать пространственные конфигурации с заранее заложенным потенциалом адаптации. Ключевыми инструментами реализации выступают: универсальные нейтральные планы со сниженной до минимума долей несущих внутренних конструкций; модульные системы внутренних перегородок с демонтируемыми соединениями; унифицированные узлы подключения к инженерным сетям распределенного типа; трансформируемые многофункциональные зоны общего пользования.

Экологическая эффективность принципа достигается в следствие радикального сокращения объемов будущих реконструкций, связанных с генерацией строительных отходов, и исключения необходимости преждевременного сноса здания по причине его функционального устаревания. Градостроительное значение принципа заключается в его способности смягчать последствия урбанистической динамики, позволяя зданию эволюционировать вместе с изменяющимся городским контекстом без потери функциональной и экономической состоятельности, что вносит вклад в устойчивое развитие городской ткани.

Таким образом, принцип функционально-планировочной гибкости и адаптивности формирует новую философию проектирования, в которой архитектурный объект рассматривается не как законченный продукт, а как открытая система, обладающая способностью к целенаправленному развитию, что обеспечивает его экологическую, функциональную и экономическую устойчивость в условиях быстро меняющегося мира.

Принцип иерархической организации оболочки

Представляет собой концептуальный подход к проектированию высотных зданий, основанный на создании многоуровневой и многофункциональной фасадной системы, где различные слои и элементы оптимизированы для выполнения специальных задач в области энергоэффективности, климатического контроля и визуальной коммуникации. Этот принцип преодолевает традиционное понимание

фасада как однородного барьера, предлагая вместо него модель сложной, стратифицированной среды, активно взаимодействующей с внешними условиями.

Современная практика демонстрирует разнообразие типов иерархических оболочек, включая двойные вентилируемые фасады с регулируемой воздушной прослойкой; адаптивные системы с кинетическими элементами; гибридные конструкции, интегрирующие фотоэлектрические панели и системы сбора осадков; биомиметические оболочки, имитирующие природные механизмы терморегуляции. Особую эффективность показывают системы с селективной оптимизацией – различной ориентацией и конфигурацией фасадных элементов в зависимости от инсоляции и преобладающих ветровых потоков.

Технологической основой принципа выступает развитие «умных» материалов с переменными свойствами – фотохромных и термохромных стекол, материалов с фазовым переходом, самовосстанавливающихся композитов – а также систем автоматизированного контроля микроклимата, обеспечивающих динамическую адаптацию оболочки к изменяющимся внешним условиям в режиме реального времени [17, 18]. Экологическая эффективность иерархических оболочек обеспечивается за счет пассивного использования климатических ресурсов, аккумуляции солнечной энергии и минимизации теплопотерь. Дополнительный экологический эффект достигается через интеграцию систем фиторемедиации и создания вертикальных биотопов [19].

Градостроительное значение принципа заключается в его способности формировать комфортную городскую среду через создание активных фасадных поверхностей, участвующих в улучшении микроклимата прилегающих территорий, визуальном обогащении городского ландшафта и снижении эффекта теплового острова. Принцип иерархической организации оболочки оказывает непосредственное формообразующее воздействие, трансформируя архитектурный объем из монолитного объекта в сложную, стратифицированную систему с выраженной тектоникой и пространственной глубиной. В отличие от традиционного подхода, где фасад представляет собой плоскостной экран, данный принцип генерирует трехмерную структуру, где каждый слой оболочки получает самостоятельное пластическое выражение.

Перспективы интеграции экологических принципов в проектный процесс

Проведенный анализ позволяет не только констатировать существующие тенденции, но

и выявить стратегические направления развития экологического подхода в высотном строительстве. Перспективы интеграции экологических аспектов в архитектурное проектирование связаны с преодолением традиционного линейного подхода, где экологические решения часто становятся дополнением к уже сформированному архитектурному замыслу.

Одним из наиболее значимых направлений является переход к целостному методологическому подходу, при котором экологические параметры закладываются в основу архитектурной концепции на самых ранних стадиях проектирования.

Эволюция этого подхода связана с переходом от параметрического моделирования к предиктивному проектированию на основе искусственного интеллекта. Нейросетевые алгоритмы, обученные на обширных массивах данных об эксплуатации существующих зданий, позволяют не просто оптимизировать форму, а прогнозировать ее энергетическую эффективность и экологическое воздействие еще на стадии эскиза [20].

Программные комплексы на основе методов машинного обучения уже сегодня позволяют анализировать множество вариантов формы здания, находя оптимальный баланс между энергоэффективностью, инсоляцией помещений и аэродинамическими характеристиками. Например, генеративно-состязательные сети способны создавать и оценивать множество объемно-пространственных решений, находя нетривиальные компромиссы между противоречивыми требованиями (максимизацией естественного освещения при минимизации солнечной нагрузки и т. п.) [21]. Особый интерес представляет развитие биомиметических стратегий, выходящих за рамки простого заимствования природных форм. Речь идет о глубоком изучении и моделировании природных процессов и структур для создания адаптивных архитектурных систем.

Перспективным направлением является разработка «умных» фасадных систем, способных динамически реагировать на изменения внешней среды по аналогии с природными механизмами. Современные тенденции указывают на растущую значимость интеграции высотных зданий в городские экосистемы через создание вертикальных биокоридоров и регенеративных систем. Перспективным направлением является разработка зданий, которые не просто минимизируют негативное воздействие на окружение, но и активно участвуют в восстановлении городской экологии – например, через системы сбора и очистки дождевой воды,

фильтрации воздуха или создания мест обитания для городской фауны. В этом контексте нейросети выступают инструментом симуляции и оптимизации на урбанистическом уровне. Нейросетевые модели, обрабатывающие данные городской экологии (качество воздуха, температурные карты, потоки миграции фауны), позволяют проектировать высотные здания как активные узлы в городской экологической инфраструктуре, чье воздействие просчитывается и оптимизируется в масштабе всего района. В российском контексте перспективы связаны с адаптацией международного опыта к специфическим климатическим и нормативным требованиям. Разработка отечественных стандартов «зеленого» строительства, учитывающих региональные особенности, будет способствовать более системной интеграции экологических аспектов в проектирование. Особую актуальность приобретают исследования, направленные на оптимизацию энергоэффективности высотных зданий в условиях холодного климата, где традиционные решения часто оказываются недостаточно эффективными. Таким образом, современные тенденции указывают на формирование новой парадигмы архитектурного проектирования, в которой экологические аспекты становятся не дополнительными требованиями, а основой проектной концепции. Дальнейшее развитие этого направления будет связано с углубленной интеграцией цифровых технологий, биомиметических подходов и принципов циркулярной экономики, что позволит создавать высотные здания, не только соответствующие критериям устойчивого развития, но и активно участвующие в экологической регенерации городской среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ международной практики убедительно демонстрирует, что современные экологические требования и стратегии устойчивого развития преодолели статус сугубо технических параметров и трансформировались в полноценные детерминанты архитектурной концепции.

Это подтверждается выявленной устойчивой взаимосвязью между экологическими стратегиями и формально-эстетическими, пространственными решениями, проявляющейся на всех уровнях – от градостроительного позиционирования до детализации фасадных систем. Установлено, что принцип адаптивной геометрии обеспечивает не только снижение ветровых нагрузок и материалоемкости конструкций, но и создание уникального архитектурного образа, визуализирующего процессы

природного формообразования. Принцип интеграции биоклиматических элементов, рассмотренный на примерах Бахрейнского ВТЦ и Bosco Verticale, демонстрирует переход от маскировки инженерных систем к их активному включению в архитектурную композицию в качестве выразительных доминант. Отдельного внимания заслуживает принцип функционально-планировочной гибкости, обеспечивающий долговечность и устойчивость здания за счет его способности к трансформации в ответ на меняющиеся требования, что радикально сокращает экологический след от будущих реконструкций. Выявленный принцип иерархической организации оболочки, характерный для зданий с двойными фасадами и динамическими системами затенения, указывает на усложнение морфологической структуры высотных сооружений в ответ на экологические вызовы.

Особую значимость имеет установленная региональная специфика экологического формообразования. Если для азиатских проектов характерен акцент на крупномасштабные ин-

новационные формы, оптимизированные методами параметрического моделирования, то в западноевропейской и российской практике преобладают решения, направленные на повышение энергоэффективности через совершенствование оболочки здания и адаптацию к специфическим климатическим условиям.

В результате исследования определены перспективы интеграции экологических аспектов, которые указывают на формирование новой проектной парадигмы. В ней экология становится не ограничивающим фактором, а мощным концептуальным ресурсом, открывающим новые возможности для архитектурного творчества. Дальнейшее развитие направления видится в углублении междисциплинарного подхода, объединяющего усилия архитекторов, инженеров, экологов и специалистов в области цифровых технологий для создания высотных зданий нового поколения – не просто энергоэффективных, но и способствующих экологическому восстановлению городской среды, поддержанию биоразнообразия, а в итоге созданию произведений зодчества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шабиев С.Г. Экологичность как критерий оценки качества объектов современной архитектуры // Наука ЮУрГУ. Материалы 70-й науч. конф. (г. Челябинск, 25 апреля – 04 мая 2018 г.). Челябинск, 2018. С. 12–16. EDN: YQEDPV.
2. Цева А.В., Гиясов Б.И. Климатические параметры и их влияние на энергоэффективность высотных зданий в г. Москве // Инженерный вестник Дона. 2021. № 2. С. 319–332. EDN: NGFLSO.
3. Пашкевич В.А. Зеленое строительство и энергоэффективность Лахта Центра // Инженерные исследования. 2021. № 1. С. 12–19. EDN: EDFFLH.
4. Yangluxi Li, Huishu Chen, Peijun Yu, Li Yang Analysis and Reflection on the Green, Low-Carbon, and Energy-Saving Design of the Super High-Rise Building // Sustainability. 2024. Vol. 16. Iss. 10. P. 1–27. <https://doi.org/10.3390/su16104146>.
5. Sungur S.E., Arpacioğlu U.T., Ozgunler M. London the Shard Analysis in the Context of Parametric and Sustainable Skyscraper Design // Research on Engineering Structures and Materials. 2021. Vol. 7. Iss. 4. P. 661–675. <http://doi.org/10.17515/resm2021.361st1101>.
6. Беленя И.М. Архитектура фасадов современных общественных зданий в аспекте устойчивого развития // Экономика строительства. 2023. № 3. С. 62–72. EDN: IDRMUH.
7. Плотникова С.В. Оценка выбросов CO₂ традиционными и инновационными ограждающими стеновыми конструкциями в течение их жизненного цикла // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 1. С. 83–97. <https://doi.org/10.21869/2311-1518-2024-45-1-83-97>. EDN: ALSQMM.
8. Николаева В.В., Николаева А.Г. Влияние ветровых нагрузок на высотные здания сложной формы // Вестник науки. 2025. Т. 2. № 2. С. 722–728. EDN: USEUOH.
9. Altin M. Future of Architecture: Buildings as Power Plants // Journal of Civil Engineering and Architecture. 2021. Vol. 15. P. 119–127. <http://doi.org/10.17265/1934-7359/2021.03.001>.
10. Suvama K., Allani N. Urban Lived experience of Contemporary Iconic Architecture in the Kingdom of Bahrain // Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA. 2023. Vol. 6. Iss. 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.38027/iccaua2023en0203>.
11. Malyanova L.I., Sergeeva M.A. Energy Efficiency and Sustainability of High-Rise Buildings and Structures // Lecture Notes in Civil Engineering. Singapore: Springer, 2022. Vol. 197. P. 205–209. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6593-6_22.
12. Баранина А.А. Эко-проект Pearl River Tower // Academy. 2020. № 1. С. 83–86. EDN: OXGZTW.
13. Warke H., Mishra T. Italian Architecture, Green Initiatives, and Well-Being of Human Beings // Green Energy Investments and Economic Development. Sustainable Development Goals Series. Singapore: Palgrave Macmillan, 2025. P. 461–485. https://doi.org/10.1007/978-981-96-6166-4_24.

14. Черепанов Н.В., Шабиев С.Г. Архитектурное формирование высотных общественных зданий на основе активной экологичности // Архитектура, градостроительство и дизайн. 2024. № 4. С. 33–44. EDN: CJKHJZ.
15. Братошевская В.В., Устов Е.Б. Влияние аэродинамических параметров на композиционные решения высотных зданий // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 5. С. 1–7. EDN: KVGLKA.
16. Wei Lu, Juan Zhang, Tam V.W. Y. Sustainable Impact of Green Building on the Eco-Economic Efficiency of the Construction Industry: Evidence from China // Buildings. 2024. Vol. 14. Iss. 5. P. 1–23. <https://doi.org/10.3390/buildings14051214>.
17. Торшилов Р.А., Гамаюнова О.С. Smart-остекление в гражданском строительстве // AlfaBuild. 2020. № 1. С. 13–20. <https://doi.org/10.34910/ALF.13.3>. EDN: XMZTPN.
18. Амер А.Э., Рахмани К., Лебедев В.А. Выбор материалов с фазовым переходом с использованием метода анализа иерархий (МАИ) // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 6-1. С. 35–48. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.006>. EDN: SDFIPN.
19. Xiuli Wang, Gard W., Borska H., Ursem B., van de Kuilen J.W.G. Vertical Greenery Systems: from Plants to Trees with Self-Growing Interconnections // European Journal of Wood and Wood Products. 2020. Vol. 78. P. 1031–1043. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01583-0>.
20. Голубова О.С., Нгуен Т.Т.Н. Зарубежный опыт использования искусственной нейронной сети для прогнозирования стоимости строительства // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. 2023. № 1. С. 22–30. <https://doi.org/10.52065/2520-6877-2023-268-1-3>. EDN: NDYPVF.
21. Пичугов П.А., Шабиев С.Г. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для BIM // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2025. Т. 15. № 3. С. 586–599. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-3-586-599>. EDN: SCUGCI.
22. Al-Kodmany K. Sustainable Skyscrapers: A Review of Green Features // International Journal of Architectural Engineering Technology. 2021. Vol. 8. P. 37–51. <https://doi.org/10.15377/2409-9821.2021.08.4>.
23. Aboulnaga M.M. Towards Green Buildings: Glass as a Building Element – the Use and Misuse in the Gulf Region // Renewable Energy. 2006. Vol. 31. Iss. 5. P. 631–653. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.08.017>.
24. Белошапко О.А. «Зеленая» архитектура // Современные проблемы экологии. XXV междунар. науч.-практ. конф. (г. Тула, 25 декабря 2020 г.). Тула, 2020. С. 74–76. EDN: MIRQUX.
25. Алексенко Е.В. Зеленые фасады в архитектуре // Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых (г. Белгород, 25–27 мая 2020 г.). Белгород, 2020. С. 6–15. EDN: ABPYAT.
26. Иванова Я.А. «Зеленые» стандарты в мировом опыте проектирования зданий и сооружений // Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию российской академии наук. Сб. докладов Национальной конф. с междунар. участием (г. Белгород, 18–20 мая 2022 г.). Белгород, 2022. С. 340–345. EDN: BTYMVA.
27. Akin Ö. The Commerzbank Tower: Analysis of Another Seminal Case // Design Added Value. Cham: Springer, 2022. P. 125–147. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28860-0_11.
28. Goyal R. Green Skyscraper: a Way to Sustainable Development // International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology. 2021. Vol. 8. Iss. 5. P. 240–243.
29. Привалова Е.Н., Сергеева А.Ю. Взаимодействие архитектуры и окружающей среды с использованием принципов биопозитивности // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 23. С. 13–25. EDN: YINDMH.
30. Ведяйкина О.И., Коновалова В.А., Старикова М.В., Хазов П.А., Сатанов А.А. Аэродинамика высотных комплексов с интегрированными ветрогенерирующими установками // Журнал теоретической и прикладной механики. 2025. № 1. С. 62–72. <https://doi.org/10.24412/0136-4545-2025-1-62-72>. EDN: BKLZOE.

REFERENCES

1. Shabiev S.G. Environmental Friendliness as a Criterion for Assessing the Quality of Modern Architectural Objects. In: *Nauka YuURGU. Materialy 70-j nauchnoj konferenczii = Science of SUSU. Proceedings of the 70th Scientific Conference*. 25 April – 04 May 2018, Chelyabinsk). Chelyabinsk; 2018. P. 12–16. (In Russ.). EDN: YQEDPV.
2. Tseva A.V., Giyasov B.I. Climatic Parameters and Their Impact on the Energy Efficiency of High-Rise Buildings in Moscow. *Engineering Journal of Don*. 2021;2:319-332. (In Russ.). EDN: NGFLSO.
3. Pashkevich V.A. Green Construction and Energy Efficiency of Lakhta Center. *Engineering Research*. 2021;1:12-19. (In Russ.). EDN: EDFFLH.
4. Yangluxi Li, Huishu Chen, Peijun Yu, Li Yang Analysis and Reflection on the Green, Low-Carbon, and Energy-Saving Design of the Super High-Rise Building. *Sustainability*. 2024;16(10):1-27. <https://doi.org/10.3390/su16104146>.

5. Sungur S.E., Arpaciglu U.T., Ozgunler M. London the Shard Analysis in the Context of Parametric and Sustainable Skyscraper Design. *Research on Engineering Structures and Materials*. 2021;7(4):661-675. <http://doi.org/10.17515/resm2021.361st1101>.
6. Belenya I.M. Architecture of Facades of Modern Public Buildings in the Aspect of Sustainable Development. *Construction Economics*. 2023;3:62-72. (In Russ.). EDN: IDRMUH.
7. Plotnikova S.V. Assessment of CO₂ Emissions from Traditional and Innovative Enclosing Wall Structures During Their Life Cycle. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024;1:83-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2311-1518-2024-45-1-83-97>. EDN: ALSQMM.
8. Nikolaeva V.V., Nikolaeva A.G. Impact of Wind Loads on High-Rise Buildings of Complex Shape. *Vestnik nauki*. 2025;2(2):722-728. (In Russ.). EDN: USEUOH.
9. Altin M. Future of Architecture: Buildings as Power Plants. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2021;15:119-127. <http://doi.org/10.17265/1934-7359/2021.03.001>.
10. Suvarna K., Allani N. Urban Lived experience of Contemporary Iconic Architecture in the Kingdom of Bahrain. *Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA*. 2023;6(1):1-10. <https://doi.org/10.38027/iccaua2023en0203>.
11. Malyanova L.I., Sergeeva M.A. Energy Efficiency and Sustainability of High-Rise Buildings and Structures. In: *Lecture Notes in Civil Engineering*. Singapore: Springer, 2022. Vol. 197. P. 205–209. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6593-6_22.
12. Baranina A.A. Pearl River Tower Eco-Project. *Academy*. 2020;1:83-86. (In Russ.). EDN: OXGZTW.
13. Warke H., Mishra T. Italian Architecture, Green Initiatives, and Well-Being of Human Beings. In: *Green Energy Investments and Economic Development. Sustainable Development Goals Series*. Singapore: Palgrave Macmillan, 2025. P. 461–485. https://doi.org/10.1007/978-981-96-6166-4_24.
14. Cherepanov N.V., Shabiev S.G. Architectural Formation of High-Rise Public Buildings Based on Active Environmental Friendliness. *Arkhitektura, gradostroitelstvo i dizain*. 2024;4:33-44. (In Russ.). EDN: CJKHJZ.
15. Bratoshevskaya V.V., Ustov E.B. The Influence of Aerodynamic Parameters on the Compositional Solutions of High-Rise Buildings. *The Eurasian Scientific Journal*. 2019;11(5):1-7. (In Russ.). EDN: KVGLKA.
16. Wei Lu, Juan Zhang, Tam V.W. Y. Sustainable Impact of Green Building on the Eco-Economic Efficiency of the Construction Industry: Evidence from China. *Buildings*. 2024;14(5):1-23. <https://doi.org/10.3390/buildings14051214>.
17. Torshilov R.A., Gamayunova O.S. Smart Glazing in Civil Engineering. *AlfaBuild*. 2020;1:13-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.34910/ALF.13.3>. EDN: XMZTPN.
18. Amer A.E., Rakhmani K., Lebedev V.A. Selection of Materials with Phase Transition Using the Hierarchy Analysis Method (HAM). *International Research Journal*. 2020;6-1:35-48. (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.006>. EDN: SDFIPN.
19. Xiuli Wang, Gard W., Borska H., Ursem B., van de Kuilen J.W.G. Vertical Greenery Systems: from Plants to Trees with Self-Growing Interconnections. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2020;78:1031-1043. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01583-0>.
20. Holubava V.S., Nhuen T.T.N. Foreign Experience in Using Artificial Neural Network for Construction Cost Prediction. *Proceedings of BSTU, Issue 5, Economics and Management*. 2023;1:22-30. (In Russ.). <https://doi.org/10.52065/2520-6877-2023-268-1-3>. EDN: NDYPVF.
21. Pichugov P.A., Shabiev S.G. Application of Artificial Intelligence and Machine Learning for BIM. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2025;15(3):586-599. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-3-586-599>. EDN: SCUGCI.
22. Al-Kodmany K. Sustainable Skyscrapers: A Review of Green Features. *International Journal of Architectural Engineering Technology*. 2021;8:37-51. <https://doi.org/10.15377/2409-9821.2021.08.4>.
23. Aboulhaga M.M. Towards Green Buildings: Glass as a Building Element – the Use and Misuse in the Gulf Region. *Renewable Energy*. 2006;31(5):631-653. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.08.017>.
24. Beloshapko O.A. "Green" Architecture. In: *Sovremennye problemy ekologii. XXV mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya = Modern Problems of Ecology. XXV International Scientific and Practical Conference*. 25 December 2020, Tula. Tula; 2020. P. 74–76. (In Russ.). EDN: MIRQUX.
25. Aleksenko E.V. Green Facades in Architecture. In: *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh = International Scientific and Technical Conference of Young Scientists*. 25–27 May 2020, Belgorod. Belgorod; 2020. P. 6–15. (In Russ.). EDN: ABPYAT.
26. Ivanova Ya.A. "Green" Standards in the Global Experience of Designing Buildings and Structures. In: *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova, posvyashchennaya 300-letiyu rossiiskoi akademii nauk. Sbornik dokladov Natsional'noi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem = International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU Named After V.G. Shukhov, Dedicated to the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences. Collection of Reports of the National Conference with International Participation*. 18–20 May 2022, Belgorod. Belgorod; 2022. P. 340–345. (In Russ.). EDN: BTYMVA.

27. Akin Ö. The Commerzbank Tower: Analysis of Another Seminal Case. In: *Design Added Value*. Cham: Springer, 2022. P. 125–147. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28860-0_11.
28. Goyal R. Green Skyscraper: a Way to Sustainable Development. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*. 2021;8(5):240-243.
29. Privalova E.N., Sergeeva A.Yu. Principles and Approaches in Biopositive Architecture – Symbiosis of Modern Technologies and Methods of Adapting Buildings with Nature. *Construction and Industrial Safety*. 2021;23:13-25. (In Russ.). EDN: YINDMH.
30. Vediaikina O.I., Konovalova V.A., Starikova M.V., Khazov P.A., Satanov A.A. Aerodynamics of High-Rise Complexes with Integrated Wind Generating Plants. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*. 2025;1:62-72. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/0136-4545-2025-1-62-72>. EDN: BKLZOE.

Информация об авторах

Шабиев Салават Галиевич,

доктор архитектуры, профессор,
заведующий кафедрой архитектуры,
Южно-Уральский государственный университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, Россия,
✉ e-mail: shabievsg@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9405-2079>
Author ID: 476175

Черепанов Никита Валерьевич,

аспирант,
Южно-Уральский государственный университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, Россия,
архитектор,
ООО ПГ «УРАЛ»,
454138, г. Челябинск, пр. Ленина, 79Б, Россия,
e-mail: nikita-7498@yandex.ru
<http://orcid.org/0009-0003-1901-8403>

Information about the authors

Salavat G. Shabiev,

Doctor of Architecture, Professor,
Head of the Department of Architecture,
South Ural State University,
76 Lenin Ave., Chelyabinsk 454080, Russia,
✉ e-mail: shabievsg@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9405-2079>
Author ID: 476175

Nikita V. Cherepanov,

Postgraduate Student,
South Ural State University,
76 Lenin Ave., Chelyabinsk 454080, Russia,
Architect,
URAL Design Group LLC,
79B Lenin Ave., Chelyabinsk 454138, Russia,
e-mail: nikita-7498@yandex.ru
<http://orcid.org/0009-0003-1901-8403>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests
regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and
approved by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 31.10.2025.
Одобрена после рецензирования 19.11.2025.
Принята к публикации 28.11.2025.

Information about the article

The article was submitted 31.10.2025.
Approved after reviewing 19.11.2025.
Accepted for publication 28.11.2025.