Ф.Ю. КАНОКОВА
Доктор искусствоведения, профессор кафедры архитектуры и медиаискусства К(П)ФУ
e-mail: f.kanokova@mail.ru

Л.Ш. АХТЯМОВА
Кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры, реставрации и дизайна РУДН им. П. Лумумбы
e-mail: Akhtyamovalsh@pfur.ru

А.Х. БАДЖМУК
Аспирант кафедры архитектуры и дизайна КБГУ им. Х.М. Бербекова
e-mail: adelhus1213@gmail.com

Т. ДИШЕК
Аспирант кафедры архитектуры и дизайна КБГУ им. Х.М. Бербекова
e-mail: tamirdishek@gmail.ru

F.Y. KANOKOVA
Doctor of Art History, Professor of the Department of Architecture and Media Arts at K(P)FU
e-mail: f.kanokova@mail.ru

L.SH. AKHTYAMOVA
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Architecture, Restoration, and Design, P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia
e-mail: Akhtyamova_lsh@pfur.ru

A.H. BAJMUKH
Graduate student of the Department of Architecture and Design, KBSU named after. H.M. Berbekova
e-mail: adelhus1213@gmail.com

T. DISHEK
Graduate student of the Department of Architecture and Design, KBSU named after. H.M. Berbekova
e-mail: tamirdishek@gmail.ru

DOI: 10.37485/1997-4663_2026_2_1_31_43

ОТ СТАЛИ К БИОНИЧЕСКИМ ФОРМАМ: ЭВОЛЮЦИЯ МАТЕРИАЛОВ В СОВРЕМЕННОМ ЗОДЧЕСТВЕ

FROM STEEL TO BIONIC FORMS: THE EVOLUTION OF MATERIALS IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE

В статье проводится искусствоведческий анализ эволюции строительных материалов и формообразования в архитектуре XX–XXI вв. Рассматривается переход от эстетики индустриальной стали, воплотившей идеалы машинного века, к бионическим и параметрическим формам, рождённым новыми композитными и так называемыми «умными» материалами. Прослеживается, как изменение материально-технической базы трансформирует тектонику, художественный язык и само понимание архитектурной формы, выдвигая на первый план принципы органической целесообразности, адаптивности и экологической интеграции. Доказывается, что вектор развития современного зодчества лежит в синтезе передовых цифровых технологий, материаловедения и биомиметических стратегий, формирующих новую, живую материальность.

The article conducts an art–historical analysis of the evolution of building materials and form-making in 20th–21st century architecture. It examines the transition from the aesthetics of industrial steel, which embodied the ideals of the machine age, to bionic and parametric forms born from new composite and so-called ‘smart’ materials. It traces how changes in the material and technical base transform tectonics, the artistic language, and the very understanding of architectural form, bringing to the forefront principles of organic appropriateness, adaptability, and ecological integration. It is argued that the

development vector of contemporary architecture lies in the synthesis of advanced digital technologies, materials science, and biomimetic strategies, which form a new, living materiality.

Ключевые слова: сталь в архитектуре, современная архитектура, бионические формы, хай–тек, современные материалы, бионическая тектоника.
Keywords: steel in architecture, contemporary architecture, bionic forms, high–tech, modern materials, bionic tectonics.

Введение

На протяжении всей истории архитектуры материал выступал не только конструктивной основой, но и ключевым носителем художественной выразительности, определяя границы эстетически возможного. Камень античности рождал ордерную тектонику, кирпич Средневековья — ритмику вертикальных членений, а появление стального каркаса на рубеже XIX–XX вв. ознаменовало фундаментальный разрыв с архитектоникой массы и стены, открыв эпоху пространства и света.

В XX–XXI столетии сталь и железобетон, определяя конструктивный остов зданий и логику архитектурной формы, сформировали эстетику модернизма и хай–тека. В последние три десятилетия наблюдается расширение палитры материалов: углепластики, мембраны из этилентетрафторэтилена, самоуплотняющийся бетон, биокомпозиты и продукты аддитивных технологий не просто замещают традиционные конструкции, но и порождают принципиально иную морфологию — бионическую, криволинейную, нерегулярную. Этот переход от ортогональной тектоники стали к свободной пластике бионических форм представляет собой один из центральных сюжетов современного зодчества, требующий междисциплинарного исследования на стыке искусствоведения, материаловедения и теории архитектуры.

Цель и задачи исследования

Осмысление магистральной траектории современной архитектуры — от поэтики стали как символа машинной цивилизации к бионическим формам, вдохновлённым природной морфологией и воплощённым с помощью композитов, полимеров и адаптивных систем — является основной целью настоящей работы. Для ее достижения были поставлены следующие задачи:

— проследить историческую логику эстетизации стали от инженерного каркаса до хай–тека;

— проанализировать причины и направления выхода за пределы стальной эстетики;

— систематизировать новые материалы и их формообразующие возможности;

— сопоставить эстетические программы хай–тека и бионической архитектуры;

— ввести и обосновать понятие «бионическая тектоника».

Тематика статьи охватывает взаимосвязь между эволюцией строительных материалов, сменой эстетических парадигм и развитием цифровых технологий проектирования. Архитектура рассматривается как вид искусства, чья образность неотделима от физических свойств и технологической обработки вещества. В фокусе внимания находится диалектика «материал — форма», т.е. каким образом новые материалы, имитирующие структуры живой природы, преобразуют тектоническое мышление зодчего и расширяют словарь архитектурной выразительности. Особый акцент сделан на контексте преемственности от конструктивистских экспериментов со сталью и пространственными структурами к современным биоморфным объектам.

Методологическая база и теоретический фундамент исследования

Исследование базируется на комплексной методике, сочетающей исторический, сравнительно–типологический и иконографический анализ.

Методы исторического анализа применены для реконструкции этапов эволюции строительных материалов от середины XIX в. до настоящего времени и установления преемственных связей между эстетикой стали и бионической морфологией.

Сравнительно–типологический анализ позволил сопоставить архитектурные объекты, созданные в парадигме хай–тека (Национальный центр искусства и культуры Жоржа Помпиду в Париже, здание головного офиса HSBC в Гонконге, здание суда Ллойда в Лондоне), с бионическими постройками (Сиднейский оперный театр, художественный музей Милуоки, проект «Эдем» в Корнуолле, Культурный центр Гейдара Алиева в Баку, Оперный театр в Гуанчжоу, терминал в Международном аэропорте Пекин Дасин и др.) и выявить различия в трактовке материала, формы и конструктивного узла.

Иконографический анализ сфокусирован на визуальной риторике новых материалов: изучались мотивы оболочки, складки, мембраны, ячеистой сетки, заимствованные из природных аналогов (раковины, костной ткани, паутины и др.).

Методологическим ориентиром служила концепция тектоники как поэтики конструкции, развитая ведущим мировым историком модернистской архитектуры К. Фремптоном [17], но расширенная на непрямолинейные, композитные и адаптивные системы.

Рассматривалась проектная документация и фотографии построек, теоретические манифесты архитекторов (Р. Д. Роджерса, Н. Р. Фостера, С. Калатравы, З. Хадид, Ш. Бана), а также каталоги выставок, посвящённых биомиметике и новым материалам. Хронологические рамки охватывают период с 1970–х годов по настоящее время, с экскурсами в более ранние этапы, необходимые для понимания генезиса.

Теоретический фундамент работы составляют труды, в которых заложено понимание формообразующей роли материала. Так, немецкий архитектор, выдающийся теоретик искусства середины XIX в. Г. Земпер, в учении о тектонике указал на первичность технических искусств и материала как источника стиля, рассматривая его «активным элементом, участвующим в творческом процессе» [7, с. 107]. Французский архитектор, искусствовед, основоположник архитектурной реставрации Э.Э. Виолле–ле–Дюк в XIX в. провозгласил рациональную конструкцию основой архитектурной красоты.

В XX в. архитектор и архитектурный критик З. Гидион представил металлические и железобетонные конструкции как лаборатории новых форм, превратив производство их составляющих, к примеру железа, «в нечто равнозначное новому природному материалу» [4, с. 122]. Его современник, английский историк архитектуры и публицист П. Р. Бэнем проанализировал эстетику «первого машинного века», в котором символом техно-образа стала сталь. К. Б. Фремптон, разрабатывая понятие тектоники, показал, как конструктивный узел становится выразительным средством, связывая технику и репрезентацию.

В области биомиметики основополагающей является концепция исследователя Дж. М. Бениюс, которая впервые ввела термин «биомимикрия» и предложила рассматривать природу как модель, меру и наставника для дизайна. Она утверждает, что «следуя биомиметическим подходам, дизайнеры могут разрабатывать продукты, которые будут работать лучше, быть менее масштабными и потреблять меньше энергии» [1].

Несмотря на актуальность рассматриваемых вопросов в зарубежных источниках, она недостаточно освещена в отечественных изданиях. Максимально комплексный подход можно встретить в книге «Архитектурная бионика», выпущенной под редакцией Ю. С. Лебедева, объединяющей взгляды группы авторов на различные аспекты раскрываемой темы [2]. Необходимо отметить, что в ряде диссертационных исследований и научных статей переход от стальной эстетики к бионическим формам рассматривается, как правило, фрагментарно: как история инженерных инноваций, эволюция архитектурного стиля или техническое описание новых материалов. Ощущается лакуна в целостном искусствоведческом анализе, который бы связал смену материальной парадигмы с трансформацией самого тектонического мышления зодчего и показал, как физические свойства композитов, мембран и биополимеров порождают новую эстетическую категорию — бионическую тектонику. Восполнение этой лакуны и составляет научную новизну статьи.

Результаты исследования.

Итогом длительной эволюции, начавшейся с чугунных мостов и оранжерей XVIII–XIX вв. стала стальная эстетика, которая, в свою очередь, достигла зрелости и наиболее ярко проявила себя в архитектуре хай-тека.

Инженерный каркас Хрустального дворца Дж. Пакстона, построенного в Лондонском Гайд-парке ко Всемирной выставке 1851 г. или Эйфелевой башни Г. Эйфеля, служившей входной аркой Парижской Всемирной выставки 1889 г. демонстрировал поэтику решётки, сборного узла и визуальной невесомости. В одном из наших исследований, посвященном гигантскому флагштоку, отмечено, что «Башня Эйфеля стала образцом для подражания для инженеров и архитекторов всего мира. Ее конструкция и методы строительства были использованы при создании многих других сооружений, таких как небоскребы и мосты. Башня также способствовала развитию нового архитектурного стиля, характеризующегося использованием металлических конструкций и рациональным подходом к проектированию» [8, с. 58].

Модернизм XX в. легитимировал стальной скелет как композиционный принцип, но скрыл его под облицовкой интернационального стиля. Чтобы сталь была переосмыслена как эстетически самоценный материал, чьи свойства (прочность на разрыв, сварка, консольный вылет) диктуют новую пластическую грамматику, «потребовалась педагогиче-



Рис. 1. Национальный центр искусства и культуры Жоржа Помпиду в Париже [18]. 1977 г. Архитекторы Р.Д. Роджерс и Р. Пиано



Рис. 2. Здание головного офиса HSBC в Гонконге [5]. 1985 г. Архитектор Н. Фостер

ская лаборатория авангардных школ — немецкая Баухаус (от нем. Bau — дом строительства) 1919–1933 гг. и советская ВХУТЕМАС (Высшие художественно-технические мастерские) 1920–1930 гг.» — указывают И. М. Власова и А. А. Щукина [3, с. 126].

Архитектура хай–тека, представленная постройками Р. Д. Роджерса, Р. Пиано, Д. Франчини, Н. Р. Фостера, Н. Гримшоу, превратила стальной каркас в зрелище. К примеру, архитекторы, вынося на фасад Национального центра искусства и культуры Жоржа Помпиду в Париже диагональные связи, фермы и ванты, сделали конструкцию технологическим орнаментом (рис. 1). Экспрессию консольно-подвесной системы с гигантскими стальными мачтами демонстрирует здание головного офиса HSBC в Гонконге (рис. 2), а здание суда Ллойда в Лондоне довело до предела тему «обслуживаемого» фасада, где стальные лестницы и шахты стали скульптурными элементами (рис. 3).

Эстетика стали в хай–теке базировалась на принципах: честность конструкции, визуальная дифференциация несущих и ограждающих элементов, выразительность узла (болтового, сварного), модульная сетка, технологический бриколаж. Сталь символизировала прогресс, индустриальную мощь, рациональность. Однако к концу XX в. этот язык начал обнаруживать пределы. Оставаясь по преимуществу ортогональным, дискретным, восходящим к логике индустриального производства балок и

профилей он вступал в противоречие с новыми композиционными амбициями.

К концу XX в. в архитектуре нарастает неудовлетворённость ограничениями, налагаемыми прямолинейной тектоникой стали. В это время сразу несколько перечисленных ниже факторов стимулировали поиск новой материальности:



Рис. 3. Здание суда Ллойда в Лондоне [6]. 1986 г. Архитектор Р.Д. Роджерс

— цифровая революция в проектировании, которая, благодаря распространению параметрических программ, позволила генерировать и рассчитывать сложные криволинейные поверхности, не сводимые к простым геометрическим примитивам;

— экологическая повестка, которая акцентировала ресурсоёмкость стали и привлекла внимание к лёгким, адаптивным, биоразлагаемым материалам;

— сдвиг в философии архитектуры, когда постмодернистская критика развенчала универсалистские претензии модернизма, расчистив путь для гетерогенной, метафорической, органической образности;

— прорывы в материаловедении, которые предложили зодчим вещества с беспрецедентными свойствами. К примеру, углепластики, способные принимать любую форму, полимерные мембраны с регулируемой светопроницаемостью, самоуплотняющийся бетон, допускающий литьё в гибкую опалубку, прозрачный алюминий и клеёную древесину нового поколения.

Необходимо отметить, что если в 1960–1970-х гг. первой ласточкой смены парадигмы стали оболочки из монолитного железобетона, например, Оперный театр в Сиднее со сводами-парусами или Авиационный центр TWA в Нью-Йорке с его бетонной птицей, где пластичный в мокром состоянии бетон трудоёмкими методами позволял создавать криволинейные монолитные поверхности, воспринимающиеся скорее как скульптурное исключение, то в 1990–2000-е гг. цифровое управление производством



Рис. 4. Вантовый мост Аламильо через реку Гвадалквивир в Севилье [11]. 1992 г. Архитектор С. Калатрава



Рис. 5. Музей завтрашнего дня в Рио-де-Жанейро [12]. 2015 г. Архитектор С. Калатрава

и аддитивные технологии не вручную, а с инженерной точностью и легкостью позволяют создавать нерегулярные, бионические формы.

Технический прорыв начала XXI в. повлиял на развитие бионической архитектуры. Термин отсылает нас к бионике — науке, изучающей принципы организации живых систем для применения в технике. В зодчестве бионический подход означает не просто подражание природным формам, а заимствование конструктивных логик, к примеру: пневматических структур (растения), оболочек минимальной поверхности (скорлупа яйца, раковина моллюска), ячеистых и сетчатых систем (костная ткань, диатомовые водоросли), вантово–тентовых аналогов (паутина). Для реализации этих логик необходимы материалы, обладающие такими соответствующими механическими свойствами, как высокая прочность на растяжение при малом весе, анизотропия, способность к формообразованию без дорогостоящей опалубки и др.

Ключевыми материалами бионической архитектуры стали углепластик и стеклопластик. Их волокнистая структура аналогична строению древесины или костной ткани: прочность концентрируется вдоль направления волокон, что позволяет оптимизировать расход вещества, создавая лёгкие и прочные оболочки.

Костную тектонику в стальных и бетонных конструкциях имитирует швейцарский архитектор и инженер С. Калатрава. Он последовательно разрабатывает проекты вантового моста Аламильо через реку Гвадалквивир в Севилье (Рис. 4), Музей завтрашнего дня в Рио-де-Жанейро (Рис. 5), транспортный узел Всемирного торгового центра в Нью-Йорке (Рис. 6) в



Рис. 6. Транспортный узел Всемирного торгового центра в Нью-Йорке [16]. 2016 г. Архитектор С. Калатрава



Рис. 7. Проект «Эдем» в Корнуолле [15]. 2001 г. Архитектор Н. Гримшоу

основе которых лежат скелеты позвоночных. Хотя С. Калатрава продолжает работать преимущественно со сталью и бетоном, его проектный метод параметрического моделирования анатомических аналогов, прямо подводит к логике углепластиков, где армирующие волокна укладываются по траекториям напряжений, подобно коллагеновым волокнам в сухожилии.

Важнейший шаг в дематериализации ограждающей конструкции ознаменовали мембранные покрытия из этилентетрафторэтилена. Преимущества этого материала состоят в том, что он на 99% легче стекла, пропускает ультрафиолет и может менять оптические свойства при изменении давления между слоями. Систему геодезических куполов, обтянутых многослойными подушками из этилентетрафторэтилена, представляет собой Проект «Эдем» в Корнуолле (Рис. 7), спроектированный британским архитектором Н. Гримшоу. Гибрид стали и бионической морфологии являет собой Пекинский национальный стадион, известный как «Птичье гнездо» (рис. 8). Его хаотическая, на первый взгляд, решётка из мощных стальных балок имитирует структуру птичьего гнезда, но при этом каждая «ветвь» несёт конструктивную функцию: вторичные баллы заполняют пространство между ос-



Рис. 8. Пекинский национальный стадион [14]. 2008 г. Архитектор Ли Синган



Рис. 9. Культурный центр Гейдара Алиева в Баку (а. вид с западной стороны [9]; б. вид с южной стороны [10]). 2012 г. Архитектор З. Хадид

новными несущими, создавая орнамент, который одновременно и конструктивен, и избыточен. Это уже не прямолинейная ферма хай-тека, а параметрически-сгенерированная сеть, чья сложность превосходит утилитарную необходимость и становится эстетическим высказыванием.

Бионическая морфология достигает предельной пластической свободы в творчестве З. Хадид — ирано–британского архитектора и дизайнера. Ю.В. Юровская в диссертационной работе, посвященной исследованию пластики в архитектурном формообразовании З. Хадид, отметила, что постройки архитектора являются примером комплексов, «доминирующих в городе, с узнаваемым силуэтом и повышенной пластичностью форм, которые собирают на себя и конденсируют все тенденции территории и окружающей застройки и преломляют их в своём сложном устройстве» [19, с. 5]. Ключевые здания З. Хадид, такие как Культурный центр Гейдара Алиева в Баку (Рис. 9 а, б), Оперный театр в Гуанчжоу (Рис. 10), терминал в Международном аэропорте Пекин Дасин — воплощают идею непрерывного, текучего пространства, в котором стирается граница между стеной, полом и потолком. Материалом этих форм служит, как правило, монолитный железобетон с композитной арматурой или стеклопластиковые панели, закреплённые на стальном субкаркасе. Сталь здесь вытесняется из визуального поля, становясь скрытой арматурой, а эстетическое лидерство переходит к оболочке, чья плавная поверхность несёт образ органической непрерывности.

Анализ рассмотренных объектов позволяет констатировать рождение новой эстетической парадигмы, которую, в контексте настоящего исследования, предлагается назвать «бионической тектоникой». Если тектоника

хай–тека строилась на артикуляции дискретных конструктивных элементов (стойка, балка, ферма, ванта, узел), то бионическая тектоника оперирует непрерывными поверхностями, оболочками, ячеистыми сетями и мембранами, в которых различие между несущим и несомым стирается. Конструктивный узел, бывший центром эстетической выразительности у хай–тека, в бионической архитектуре либо исчезает под монолитной оболочкой, либо растворяется в орнаментальной сети или превращается в молекулярную связь.



Рис. 10. Оперный театр в Гуанчжоу [13]. 2010 г. Архитектор З. Хадид

Меняется и сама семантика материала. Если сталь в хай–теке символизировала индустриальную мощь, заводскую культуру, мускулинность техники, то бионические материалы, такие как углепластик, этилентетрафторэтилен или биополимеры, вызывают уже иные коннотации, отсылающие к природному росту, адаптивности, лёгкости, экологической ответственности. Они не несут следов заводской прокатки, сварного шва, болта, а их поверхность гомогенна, текуча, иногда прозрачна. Таким образом, архитектура из материала-репрезентанта индустрии превращается в материал-репрезентант органики.

Заключение

Результаты исследования позволили провести анализ и проследить логику эволюции материалов в современном зодчестве от стальной эстетики хай–тека к бионическим формам. Мы постарались интерпретировать ее не как череду технологических усовершенствований, а как смену тектонических архетипов. Стальной каркас, бетонная оболочка и композитная мембрана рассмотрены носителями разных эстетических идеологий. Соответственно, преодолевается разрыв между техническим материаловедением и искусствоведческой теорией архитектуры, т.е. материал возвращается в поле зрения истории искусства активным формообразующим «агентом».

Таким образом, исследование показало, что путь от стали к бионическим формам в современном зодчестве — это диалектическая транс-

формация, в которой достижения предыдущего этапа не отменяются, а входят в состав более сложного синтеза. Сталь не исчезла из архитектуры, продолжая служить несущим каркасом, она скрыта за оболочкой или арматурой в бетоне, где её эстетическое лидерство уступает место материалам, способным на органическую пластику.

Бионическая тектоника, отражая поиски авангарда начала XX в. и хай–тека, открывает новую главу в истории архитектурной выразительности, где здание приближается к живому организму не по внешнему сходству, а по принципу материальной организации.

Полученные результаты значимы для искусствоведения и теории архитектуры. Предложенный нами термин «бионическая тектоника», позволяет описывать и анализировать постройки, не укладывающиеся в классическую номенклатуру ордерной или каркасной архитектуры. Выявленная преемственность между стальной эстетикой и бионическими формами углубляет понимание стилевой эволюции рубежа тысячелетий и способствует преодолению узкотехнического взгляда на строительные материалы.

Список источников:

1. *MacKinnon R.B.; Oomen J.; Pedersen Zari M.* Promises and Presuppositions of Biomimicry. Biomimetics 2020, 5, 33. — URL: https://doi.org/10.3390/biomimetics5030033 (дата обращения: 14.05.2026).

2. Архитектурная бионика / [Ю. С. Лебедев, В. И. Рабинович, Е. Д. Положай и др.]; под ред. Ю. С. Лебедева. — Москва: Стройиздат, 1990. — 268 с.: ил.: 29 см.

3. *Власова И.М., Щукина А.А*. БАУХАУС и ВХУТЕМАС: Системы обучения // Молодой исследователь Дона. 2022. №3 (36). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/bauhaus-i-vhutemas-sistemy-obucheniya (дата обращения: 14.05.2026).

4. *Гидион З.* Пространство, время, архитектура / Сокращенный перевод с немецкого М. В. Леонене, И. Л. Черня. — 3-е издание. — Москва: Стройиздат, 1984. — 455 с.

5. Здание головного офиса HSBC в Гонконге — URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:HSBC_Hong_Kong_headquarters_building#/media/File:HK_HSBC_Main_Building_2008.jpg (дата обращения: 15.05.2026).

6. Здание суда Ллойда в Лондоне — URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Lloyds.building.london.arp.jpg (дата обращения: 15.05.2026).

7. *Земпер Г.* Практическая эстетика / составл., вступ. статья и коммент. В. Р. Аронова. Москва: Искусство, 1970. — 697 с.

8. *Канокова Ф.Ю., Ахтямова Л.Ш., Баджмук А.Х., Дишек Т.* Башня Эйфеля — шедевр металлоконструкции в архитектуре XIX в. // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С.Г. Строганова. — РГХПУ им. С.Г. Строганова. — 2025. — №4. — Часть 1. — С. 56–65.

9. Культурный центр Гейдара Алиева в Баку с западной стороны — URL: https://ru.wikipedia.org/w/index.php?curid=4663881 (дата обращения: 20.05.2026).

10. Культурный центр Гейдара Алиева в Баку с южной стороны — URL: https://ru.wikipedia.org/w/index.php?curid=4662713 (дата обращения: 20.05.2026).

11. Мост Аламильо через реку Гвадалквивир в Севилье — URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Calatrava_Puente_del_Alamillo_Seville.jpg (дата обращения: 17.05.2026).

12. Музей завтрашнего дня в Рио-де-Жанейро — URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Museu_do_Amanh%C3%A3_I_-_Rio.jpg (дата обращения: 17.05.2026).

13. Оперный театр в Гуанчжоу — URL: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20338813 (дата обращения: 20.05.2026).

14. Пекинский национальный стадион — URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Beijing_national_stadium.jpg (дата обращения: 19.05.2026).

15. Проект «Эдем» в Корнуолле — URL: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3014093 (дата обращения: 17.05.2026).

16. Транспортный узел Всемирного торгового центра в Нью-Йорке — URL: https://alankarchmer.com/santiago-calatrava-buildings (дата обращения: 17.05.2026).

17. *Фремптон К.* Современная архитектура: Критический взгляд на историю развития. — Москва: Стройиздат, 1990. — 535 с.

18. Центр Жоржа Помпиду. — URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/95/Pompidou_center.jpg (дата обращения: 15.05.2026).

19. *Юровская Ю.В.* Пластика в архитектурном формообразовании Захи Хадид: дис. … канд. архитектуры: 2.1.11. — Москва, 2024. — 216 с.