

Бионика как основа для адаптивной архитектуры и строительства в условиях Северного Кавказа

Ю.С. Димитрюк, О.Г. Присс

Невинномысский Государственный гуманитарно-технический институт

Аннотация: В статье рассматриваются аспекты использования бионики как основы для адаптивной архитектуры и строительства в условиях Северного Кавказа. Современная архитектура переживает сдвиг, заключающийся в переходе от статичных и ресурсоемких моделей к динамичным, интеллектуальным и экологически ориентированным системам. Этот подход приобретает особую актуальность для регионов со сложными климатическими и ландшафтными условиями, таких как Северный Кавказ, где традиционное строительство зачастую неспособно эффективно противостоять вызовам в виде резких перепадов температур, сейсмической активности, сильных ветров и высокой инсоляции. В данной статье обосновывается тезис о том, что интеграция принципов бионики в адаптивное строительство предлагает не просто инновационные решения, а целостную философию проектирования, основанную на многовековом опыте эволюции природных систем. Доказывается, что бионика не является чуждой концепцией для региона, а, напротив, находит глубокие параллели в традиционном горском зодчестве, как, например, в башенных комплексах, демонстрирующих органичную интеграцию в ландшафт и эффективную терморегуляцию, аналогичную природным прототипам. В работе рассматриваются конкретные направления применения бионических принципов, включая разработку адаптивных фасадов, вдохновленных системами терморегуляции растений и животных, а также создание сейсмоустойчивых конструкций по аналогии с гибкими структурами стеблей бамбука или деревьев. Особое внимание уделяется методологии проектирования, сочетающей анализ местных условий, методы биомимикрии и интеграцию современных цифровых технологий, таких как компьютерное моделирование и 3D-печать, для создания уникальных, энергоэффективных объектов. Подчеркивается необходимость синергии между традиционными архитектурными знаниями и инновационными технологиями, что позволяет создавать здания, не только адаптирующиеся к окружающей среде, но и отражающие уникальную культурную идентичность Северного Кавказа. В заключение утверждается, что бионика представляет собой логичное и перспективное направление для архитектурного развития региона, обеспечивающее создание устойчивой, безопасной и комфортной среды обитания через гармонизацию с природным контекстом.

Ключевые слова: строительство, бионика, современные тенденции, современные технологии проектирования, строительная отрасль, биомимикрия, адаптивная архитектура, Северный Кавказ.

Современная архитектура стоит на пороге принципиального сдвига, отказываясь от статичных, ресурсоемких моделей в пользу динамичных, интеллектуальных и экологических систем. Особую актуальность этот подход приобретает в регионах со сложными и контрастными климатическими и ландшафтными условиями, каким является Северный

Кавказ. Интеграция принципов бионики в адаптивное строительство предлагает не просто инновационные решения, а целостную философию проектирования, основанную на многовековом опыте эволюции природных систем. Бионика, изучающая и заимствующая инженерные принципы у живой природы, становится ключевой основой для создания архитектуры, способной гибко реагировать на вызовы кавказского региона.

Природно-климатический контекст Северного Кавказа характеризуется целым набором факторов-вызовов: резкие перепады суточных и сезонных температур, высокая солнечная инсоляция в предгорьях и сильные ветра в высокогорьях, сложный сейсмический режим и интенсивное таяние ледников. Традиционное строительство здесь часто либо игнорирует эти факторы, неся высокие энергозатраты, либо борется с ними, создавая массивные, герметичные структуры. Адаптивная архитектура, напротив, предлагает не противостоять, а взаимодействовать со средой, и природа предоставляет для этого бесчисленные прототипы [1].

Важно отметить, что бионика не является чем-то чуждым культурному коду Северного Кавказа. Напротив, она перекликается с принципами традиционного горского зодчества. Исторические сакли, органично вписанные в рельеф, их компактная планировка, ориентировка по солнцу и ветру, использование местных материалов - все это была примитивная, но эффективная форма адаптивной архитектуры, рожденная эмпирическим наблюдением за природой. В качестве примера адаптивной архитектуры можно рассмотреть и башенные комплексы Ингушетии, Осетии, Кабардино-Балкарии. Их строгая геометрия и высота минимизируют площадь воздействия ветра, а кладка из местного камня обеспечивает термостабильность, аккумулируя дневное тепло и ночную прохладу. Это прямая аналогия с термитниками, поддерживающими стабильный микроклимат. Башни словно вырастали из горы, как многовековые сосны,

становясь ее продолжением, показывая полное слияние с окружающей средой. Современная бионика дает инструментарий для перевода этих интуитивных принципов на язык высоких технологий и точных инженерных расчетов. В последние годы наблюдается активное внедрение современных технологий в сферу архитектуры, что открывает новые горизонты для проектирования. Примеры успешной интеграции традиционных архитектурных форм и цифровых решений подтверждают, что гармония между этими полями может привести к созданию уникальных адаптивных зданий. Например, использование компьютерного моделирования и технологий 3D-печати позволяет создавать формы, которые максимально учитывают природные условия и культурные особенности региона. Такой подход помог реализовать проекты, которые не только отвечают современным требованиям, но и органично вписываются в существующий ландшафт, что особенно важно для горной местности Северного Кавказа. Интересным примером служит применение аналитики данных и сенсоров для создания «умных» зданий. Эти сооружения способны адаптироваться к изменениям климата и нагрузки, обеспечивая при этом максимальный комфорт для обитателей. За счет интеграции программных решений с конструктивными элементами традиционной архитектуры, проектировщики могут добиться эффективности, сохранив индивидуальность и уникальность представляемых объектов [2].

Традиции, заложенные предками, можно адаптировать с помощью современных материалов и технологий, что в конечном счете приводит к созданию более устойчивых и функциональных объектов. Эта синергия позволяет использовать локальные природные ресурсы вместе с инновационными изоляционными материалами, что способствует созданию энергоэффективных решений. Однако для достижения максимальной эффективности необходимо освободиться от жестких рамок, установленных

как традициями, так и современными стандартами. Каждый проект должен рассматриваться как уникальный процесс, в котором нужно учитывать как исторический контекст, так и инновационные достижения [3]. Например, тактильные технологии и методы активного управления климатом в зданиях могут иметь корни в традиционных подходах к организации пространства и вентиляции. Проектирование с учетом этой синергии может стать отправной точкой для создания объектов, которые будут не просто отвечать современным требованиям комфорта и безопасности, но и сохранять связь с культурным наследием региона. Интеграция современных технологий в концепцию традиционной архитектуры создает прочные и красивые конструкции, способные выдерживать сложные климатические условия и обеспечивать долгосрочную устойчивость. В заключение, необходимость синергии технологий и традиций в проектировании становится очевидной. Успешные проекты показывают, что, если архитекторы и инженеры будут активно развивать взаимосвязь этих двух компонентов, то появятся здания, способные не только адаптироваться к окружающей среде, но и отражать уникальную культурную идентичность региона. Это послужит не только для удовлетворения текущих потребностей, но и для сохранения их значимости для будущих поколений [4].

Биологические исследования открывают новые горизонты для адаптивной архитектуры. Например, изучение свойств биологических структур и организмов, таких как пчелиные соты, позволяет архитекторам разрабатывать решения, которые сочетают прочность, легкость и теплопроводность. Эти принципы можно применить для создания конструкций, способных выдерживать экстремальные условия горного климата и обеспечивать комфорт обитания человека, минимизируя при этом потребление энергии. Одним из ключевых направлений является разработка адаптивных ограждающих конструкций по аналогии с системами

терморегуляции живых организмов. Например, принцип работы чешуи рептилий или шишек, которые реагируют на изменение влажности, может быть воплощен в трансформирующихся фасадах. Это кардинально снизило бы нагрузку на системы отопления и кондиционирования. Для новых школ, музеев или культурных центров в Махачкале, Владикавказе или Нальчике можно применить принцип подобный принцип адаптивного фасада. В жаркий солнечный день козырьки-«лепестки» могли бы автоматически раскрываться, создавая тень. В пасмурную погоду или зимой - складываться, открывая стеклянные поверхности для максимального проникновения тепла и света. Это резко снизит затраты на отопление и электричество [5].

Процесс внедрения бионических решений в архитектуре адаптивных зданий определяет целый ряд методов, направленных на гармонизацию структуры с природной средой. На первом этапе проектирования важно осуществлять анализ местных условий и экологических процессов, что позволит выявить ключевые элементы природы, способные служить основой для будущих конструктивных решений. Важным аспектом является метод биомимикрии, при котором архитекторы ориентируются на формы и механизмы, наблюдаемые в природе, стремясь воспроизвести их в проектируемых объектах. Например, формы природных структур, таких как ульи или птичьи гнезда, могут вдохновить на создание эффективных систем вентиляции и теплоизоляции. Далее следует обратить внимание на интеграцию современных технологий и материалов, которые могут соответствовать принципам, выявленным в ходе анализа традиционной архитектуры. Это включает использование легких и прочных материалов, которые способны адаптироваться под воздействием внешних нагрузок, как это делает природа, формируя устойчивые структуры [6,7].

Сейсмическая активность региона требует принципиально иного подхода к проектированию несущих конструкций. Жесткие каркасы уязвимы

к резонансным колебаниям. Природа предлагает решение в виде гибких и упругих структур. Строение стебля злаков или бамбука, обладающего высокой прочностью на изгиб, или принцип ветвления деревьев могут быть использованы для создания каркасов, которые не сопротивляются подземным толчкам, а гасят их энергию за счет упругой деформации и перераспределения нагрузок. Адаптивные системы, вдохновленные этими принципами, могли бы включать в себя элементы с переменной жесткостью, активируемые сенсорами при первых признаках сейсмической активности в горной местности [8].

Значительное внимание важно уделить процессу разработки стандартов, способствующих интеграции бионических решений в архитектуру. Создание компиляции действенных норм и правил позволит архитекторам и инженерам действовать в рамках единой концепции, обеспечивая тем самым не только соответствие современным требованиям, но и отражая уникальные традиции Северного Кавказа. Разработка таких стандартов обеспечит системный подход к проектированию, учитывающий как бионические аспекты, так и культурные контексты, что в свою очередь повысит качество и устойчивость создаваемых зданий [9]. Реализация предложенных методов и дальнейшая стандартизация бионических решений позволит создать прочную основу для архитектурного прогресса в региональной практике. В результате, адаптивные здания будут сочетать в себе элементы традиционного строения и современные технологии, способствующие созданию комфортной и устойчивой городской среды. Бионические принципы, основанные на наблюдении за природой и ее механизмами, открывают новые горизонты для архитекторов и проектировщиков [10]. Они позволяют не только учитывать климатические и географические особенности региона, но и создавать здания, которые будут адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. Важно

отметить, что традиционная архитектура Северного Кавказа уже содержит в себе элементы, которые можно считать предшественниками бионических решений. Бионика для Северного Кавказа - это не фантастика, а логичное и единственно верное направление развития. Это возвращение к истокам на новом технологическом уровне.

Литература

1. Димитрюк, Ю. С., Присс, О. Г. Основные направления развития архитектуры Северного Кавказа - симбиоз современных технологий и национальных традиций // Инженерный вестник Дона, 2023, № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8855.
2. Тимохин, М.Ю., Шаранин, В. Ю. Искусственный интеллект и теория принятия решений: современные тенденции// Инженерный вестник Дона, 2023, № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8746.
3. Шнейдер, Е. М., Саданова, В. Н., Драгунова, Е. П. Концепции устойчивой архитектуры: инновации и их реализация // Инженерный вестник Дона. 2025. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/992.
4. Мусорин, В. А., Шевцов, С. Е., Шнейдер, Е. М. Сравнительный анализ развития городов Ставропольского края // Кавказский диалог: материалы X международной научно-практической конференции, Невинномысск, 29 ноября 2019 года. Невинномысск: ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический-институт», 2019. С. 194-197.
5. Егорочкина И. О., Романенко Е. Ю., Бузанова А. В., Дохленко И. А. Повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Инженерный вестник Дона, 2021, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6774.
6. Ovchinnikova S., Borovkov A., Schneider E., Kalinichenko A. Optimal ways to improve the greening of the production sector // E3S Web of

Conferences: 22, Voronezh, 08–10 декабря 2020 года. Voronezh, 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202124401013.

7. Rozhkov P. V., Prokopenko V. I., Purikova I. A., Tertitsa S.V., Dimitryuk Yu. S. General analysis of the application of the architectural bionics in the renovation and reconstruction of building objects // Journal of Environmental Treatment Techniques, 2020, Vol. 8, No 2. P. 839-842.

8. Мельков Д. А., Кануков А. С. Развитие инженерной сейсмологии как научной школы на Северном Кавказе // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 4(83). С. 51-74.

9. Байрамуков С. Х., Долаева З. Н. Эффективность энергетической модернизации жилищного фонда // Инженерный вестник Дона, 2015, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015.

10. Димитрюк, Ю. С., Шнейдер, Е. М. Применение архитектурной бионики при реновации и реконструкции строительных объектов // Научный вестник Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт". 2020. № 1. С. 5-8.

References

1. Dimitryuk, Yu. S., Priss, O. G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8855.

2. Timoxin, M.Yu., Sharanin, V. Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8746.

3. Shnejder, E. M., Sadanova, V. N., Dragunova, E. P. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/992.

4. Musorin, V. A., Shevczov, S. E., Shnejder, E. M. Kavkazskij dialog: materialy` X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Nevinnomy`ssk, 29 noyabrya 2019 goda. Nevinnomy`ssk: GAOU VO«Nevinnomy`sskij gosudarstvenny`j gumanitarno-texnicheskij-institut», 2019. pp. 194-197.



5. Egorochkina I. O., Romanenko E. Yu., Buzanova A. V., Doxlenko I. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6774.
6. Ovchinnikova S., Borovkov A., Schneider E., Kalinichenko A. E3S Web of Conferences: 22, Voronezh, 08–10 декабря 2020 года. Voronezh, 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202124401013.
7. Rozhkov P. V., Prokopenko V. I., Purikova I. A., Tertitsa S.V., Dimitryuk Yu. S. Journal of Environmental Treatment Techniques, 2020, Vol. 8, No 2. pp. 839-842.
9. Bajramukov S. X., Dolaeva Z. N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015.
10. Dimitryuk, Yu. S., Shnejder, E. M. Nauchnyj vestnik Gosudarstvennogo avtonomnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vy'sshego obrazovaniya Nevinnomy'sskij gosudarstvennyj gumanitarno-texnicheskij institut. 2020. № 1. pp. 5-8.

Дата поступления: 18.10.2025

Дата публикации: 27.11.2025