

# Анатолий Липов

---

## Бионические принципы формообразования в современной архитектуре

---

Przegląd Wschodnioeuropejski 5/2, 121-136

---

2014

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

АНАТОЛИЙ ЛИПОВ  
Институт философии РАН / Москва

## **БИОНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ**

### **Bionic principles of shaping in Modern architecture**

**KEYWORDS:** geometry and morphology of livings, biosymmetry, architectural bionics, biodesign

**ABSTRACT:** The article analyzes the problems of infiltration and insertion of the principles of natural biomorphology into the shaping of the building's environment – modern architecture, mechanics, engineering, neural and computer technology. Although theoretical base and practical experience in this field exists in Russia and abroad, architectural bionics appears today as a new phenomenon in the science and practice of architecture, opening wide horizons, solving various technical problems using structural analogues of nature. The author considers the bionic principles of modern architecture as an innovative architectural style, originating its natural dimensions from nature: curves, contours, relief, and the very architectural bionics as the architecture of the future, aspiring to its final destination in the synthesis of nature and technology.

За последние 20–30 лет мир стал свидетелем появления в архитектуре необычных форм, напоминающие формы живой природы. Можно встретить покрытия зданий, сходные с причудливыми поверхностями раковин и моллюсков, купола, имитирующие контуры птичьего яйца или прозрачные решетки, уводящие к сложным переплетениям лесной чащи. Все эти архитектурные объекты, отличающиеся столько необычными конструктивными особенностями и напоминающие природные формы, получили наименование бионической архитектуры. Как понятие «бионика», появившееся в начале XX века, стало обозначать некую формирующуюся область научного знания, предполагающая воссоздание естественных природных форм и решающую технические, технологические и художественные (например, дизайн) задачи на основе анализа структуры, морфологии и жизнедеятельности биологических организмов. В 1921 году бионические идеи нашли отражение в сооружении Рудольфа Штайнера «Гетеанум», и с этого момента зодчие всего мира

взяли бионику на вооружение. Однако первые «масштабные» попытки использовать бионику в архитектурном строительстве предпринял талантливый испанский архитектор Антонио Гауди.

Успехи строительной техники в XIX–XX в.в. создали новые технические возможности для интерпретации архитектуры живой природы, что нашло свое отражение в произведениях архитекторов, среди которых можно назвать архитектурные произведения гениального Антонио Гауди – зачинателя широкого использования био-форм в архитектуре XX в. Спроектированные и построенные в начале XX века строения А. Гауди – жилые здания, монастырь Гюэль, знаменитая «Nemplo Expiatorio de la Sagrada Familia» (собор Святого семейства высотой 170 м.) в Барселоне и ныне остаются и непревзойденными архитектурными шедеврами и, одновременно наиболее талантливым и характерным примером ассимиляции природных форм, равно, как законов их применения, так и законов их развития (Эстебан 2008). Не менее фантастический, воплощенный бионический проект динамической «художественно-технической» формы - аппарат для свободного полета человека с помощью собственной мышечной силы, орнитоптер «Летатлин», гибкая, пружинистая конструкция с подобием крыльев птицы, принадлежащая предтече российского дизайна В. Татлину, который впервые был им продемонстрирован на выставке 1932 г. По его словам, летательный аппарат как объект художественной конструкции был выбран им потому, что это наиболее сложная динамическая материальная форма, которая может войти в обиход как предмет ширпотреба, ибо она в наибольшей степени отвечает потребностям момента в преодолении человеком пространства.

При этом сам «Летатлин» представлял собой достаточно сложную конструкторскую систему. По сути это одна из первых построенных бионических конструкций, в которой в полной мере проявился научный характер художественного конструирования В. Татлина, превратившего модель этого аппарата в одну из предоснований бионики, связавшего биологию с техникой. Можно сказать, что аналогичным образом преломление темы природных форм нашли свое отражение и в русских деревянных церквях фактуры сосновых и еловых шишках, и в золотых «луковичных» главах церквей.

Своего рода «днем рождения» бионики принято считать 13 сентября 1960 г. – дня открытия в США Международного симпозиума в г. Дайтон «Живые прототипы искусственных систем – ключ к новой технике», официально закрепившего создание новой науки. Само же название «бионика» было предложено на этом симпозиуме американским исследователем Дж. Стилом и было принято как официальное наименование новой области знания. С этого момента у архитекторов, дизайнеров,

конструкторов и т.д. возникает формальное право к постоянному поиску новых средств формообразования, отвечающих возрастающей динамике жизни и соответствующей возможностям научно-технического прогресса.

Ученые—«бионики» избрали для обозначения нового направления эмблему – скальпель и паяльник, соединенные интегралом с девизом – «живые прототипы – ключ к новой технике». В СССР первая заявка на архитектурную бионику была сделана в опубликованной в 1962 г. статье молодых архитекторов Ю. С. Лебедева и В. В. Зефельда «Конструктивные структуры в архитектуре и в растительном мире». К началу 1980-х годов благодаря многолетним усилиям коллектива специалистов лаборатории «ЦНИЭЛАБ», просуществовавшей до начала 1990-х годов, архитектурная бионика окончательно сложилась как новое направление в архитектуре России. В это время выходит итоговая монография совместного труда большого международного коллектива авторов и сотрудников этой лаборатории под общей редакцией Ю. С. Лебедева «Архитектурная бионика» (1990). С гибелью руководителя лаборатории Лебедева теоретические бионические исследования практически сводятся на нет и бионическое направление в России фактически длительное время находится в состоянии стагнации с возобновлением интереса к нему только в начале XXI в. (Лебедев 1970, 17–26). Для архитектуры начала 70-х годов XX в. характерна тенденция, в соответствии с которой архитекторы стремятся к максимальному уподоблению строительных форм природным. В СССР бионические идеи пользовались большим вниманием архитекторов и инженеров (МАИ, ЦНИИСК Госстроя СССР, Лен-ЗНИИЭП и др.).

Бионический или био-морфологический подход к проектированию и строительству обретает в эти годы свой технологический статус, проникает в средовой, урбанистический и бытовой конструктивный дизайн и становится все более и более популярным. Одним из важных моментов, демонстрирующих широкую солидарность специалистов по архитектурной бионике, стала организованная Всероссийским обществом охраны природы совместно с ЦНИИСК выставка в Москве: «В гармонии с природой. Архитектурная бионика-82». Отдельные опыты и заявки постепенно формируют и бионическую архитектуру, в основу которой закладывается по преимуществу морфологическое построение конкретных биологических объектов, отличающихся безусловной целесообразностью, надежностью, прочностью и экономичностью в расходовании природного материала.

Как конструирование, так и само построение объектов стало во многом предопределяться особенностями их создания природой, утвержденной природой взаимосвязанной организации внешних форм (типы каменных кладок и креплений, кладки деревянных изб, плетеных поверхностей,

конструктивных швов в тканях, луковичные формы православных церквей и т.д.). На всем протяжении цивилизации и культуры природные формы выступали неиссякаемым источником для технических и технологических решений и построений, выступая уподоблением природному формообразованию, а первые «бионические» идеи изначально зародились на основе подражания природным формам. Поэтому в англоязычной и переводной литературе чаще употребляется ныне термин биомиметика (от лат. *bios* – жизнь, и *mimesis* – подражание) в значении – подход к созданию технологических устройств, при котором идея и основные элементы устройства заимствуются из живой природы.

В этом плане внимание архитекторов, конструкторов, дизайнеров и т.д. к законам формообразования и использование в этих областях форм живой природы предстает глубоко закономерным и обусловленным, т.к. живая природа в процессе своего развития имеет тенденцию и стремится к органической целесообразности существования, связанным с минимальным расходом энергии, строительного материала и времени. Подобная целесообразность и направленность природных форм, как представляется, и привела к возможности использования закономерностей формообразования живых структур в конструктивном, техническом и технологическом плане в искусственных объектах, создаваемых рукой человека, находящегося с природой в имманентном биологическом родстве. Более того, уже само по себе философское понимание природы предполагает, что в мире нет вещей и явлений, которые бы не были непосредственно или опосредованно взаимосвязаны между собой, что с неизбежностью предполагает отсутствие непроходимых барьеров между формами живой природы и искусственными формами и конструкциями, ибо законы природы, объединяющие весь мир в единое целое и порождают объективную возможность воссоздания в искусственно создаваемых системах закономерностей и принципов построения живой материи.

Современная бионика имеет несколько направлений: Архитектурно-строительная бионика изучает законы формирования и структурирования живых тканей, техническая бионика, применяющая модели теоретической бионики для реализации различных технических задач, бионическое моделирование, специфика которого состоит в том, что ведется поиск путей и способов реализации в объекте проектирования отдельных сторон сложной биологической формы, представляющее новационную область бионики, ее нейробионическое направление (нейробионика) связано с реализацией природных морфологических принципов в конструировании и построении различного уровня нейронных сетей. Различают также биологическую бионику, изучающую процессы, происходящие в биологических системах, теоретическую бионику, которая строит мате-

матические модели этих процессов и техническую бионику, применяющую модели теоретической бионики для решения инженерных задач.

Начало XX в. и в особенности начало XXI в. в архитектуре ознаменовалось возвращением интереса к сложным криволинейным формам, подчас напоминающим формы живой природы, а иногда и способным к трансформациям. Не случайно темой Венецианской архитектурной биеннале 2004 г. был выбран термин «Метаморфозы». Возрождается, уже на новом уровне, и органическая архитектура своими корнями уходящая в конец XIX начало XX века, к творчеству Л. Салливена и Ф. Л. Райта (Lloid 2001; Madex 2006), провозгласивших, что архитектурная форма определяется, как и в живой природе, функцией и развивается как бы «изнутри наружу».

Про бионику стали говорить, что она перекидывает мосты от биологии к технике. В известном смысле само появление этой области знания было обусловлено и предопределено некой генерализованной, цивилизационно – технологической обусловленностью, ибо издавна известно, что например, дельфины и некоторые рыбы плавают быстрее, чем самые современные корабли. Как естественное следствие при всё возрастающей скорости современных надводных конструкций объектом исследования ученых становится тело и кожа дельфинов для использования в кораблестроении тех природных механизмов, которые позволяют дельфину двигаться быстрее.

Поэтому закономерно, что предметом бионики стало изучение аналогии в живой и неживой природе для дальнейшего использования принципов построения и функционирования биологических систем и их элементов при совершенствовании как в уже существующих технических объектах, так и при создании принципиально новых механизмов, строительных конструкций, аппаратов и даже компьютерных систем. В то же время следует отметить, что бионическое моделирование отличается от моделирования в других областях научного знания тем, что бионические модели представляют собой более сложные и динамичные структуры, создание которых требует не только специальных уточняющих исследований на живом организме, но и поиска и разработки методов и средств для реализации конкретных бионических принципов в искусственных системах.

Формообразование в живой природе характеризуется пластической сопряженностью, постепенными переходами от одной части формы к другой, развитию пластики формы по принципу взаимосвязи элементов структуры и одновременно демонстрирует нам как правильные геометрические формы и фигуры – окружности, овалы, ромбы, кубы, треугольники, квадраты, различного рода многоугольники, так и беско-

нечное множество чрезвычайно сложных и удивительно красивых, легких, прочных и экономичных конструкций, созданных в результате комбинирования этих элементов. В этом смысле формообразование в природе отражает не только эволюцию развития живых организмов, но и многочисленные корректировки их структуры для достижения идеального варианта. И именно подобная направленность в развитии природных форм позволяет нам утверждать, что ориентация на необходимость гармонизации формы всегда присутствовала в культуре. Обращение даже к не столь давней человеческой истории предоставляет нам многообразные свидетельства и доказательства того, что бионическое направление не только не исчерпало за неполное столетие своего существования свой концептуальный и технологический ресурс, но, по сути, в тех или иных цивилизационных, или исследовательских формах существовало на протяжении значительного ее периода.

Если исключить период неолита, когда первобытный человек был вынужден копировать в своих первых искусственных конструкциях – орудиях труда природные формы, то оказывается, что в той или иной форме бионические тенденции в истории цивилизации и культуры присутствовало едва – ли не всегда, предопределяя изготовление или построение наиболее конструктивно совершенных и гармоничных орудий и объектов человеческой среды от жилища и одежды до орудий и механизмов. Одним из, ярких тому свидетельств, подтверждающих этот тезис, является, на наш взгляд, ставшая символом Парижа Эйфелева башня инженера-мостовика А. Г. Эйфеля, в точности повторяющая строение большой берцовой кости человека, легко выдерживающей тяжесть его тела при совпадении даже углов между этими двумя несущими конструкциями. Сегодня мало кому известно, что конструкция башни основана на научной работе швейцарского профессора анатомии Х. фон Мейера.

За 40 лет до ее создания он исследовал костную структуру берцовой кости в том месте, где она изгибается и входит в сустав и обнаружил, что структура кости в месте соединения состоит из миниатюрных косточек, благодаря которым нагрузка перераспределяется по кости. В 1866 г. швейцарский инженер К. Кульман подвел теоретическую базу под это открытие, а спустя 20 лет природное распределение нагрузки на основе кривых суппортов было использовано и воплощено Эйфелем. Из истории известно, что уже пифагорейцами была обнаружена повторяющаяся биологическая симметрия не только в числовых и геометрических соотношениях и выражениях числовых рядов, но и в морфологии и расположении листьев и ветвей растений и деревьев, в единой морфологической структуре многих плодов, а также беспозвоночных животных. Этот факт в полном соответствии с пифагорейской доктриной послужил

причиной и основанием возникновения идеи о том, что окончательной основой всего сущего является не данная нам в ощущении материальная субстанция, а принцип формы, тесно связанный с представлениями о различных типах симметрии. Пифагорейцы, а вслед за ними И. Кеплер был увлечен попытками поиска основной гармонии мира, или, говоря современным языком, поисками неких наиболее общих морфологически – математических моделей, которые он видел и в строении плодов граната и в движении планет.

Так, зёрна граната олицетворяли для него важные свойства трехмерной геометрии плотно уложенных единиц, ибо в гранате эволюция дала место самому рациональному способу размещения в ограниченном пространстве возможно большего количества зерен. Почти 400 лет назад, когда физика как наука только еще зарождалась в трудах Галилея, Кеплер, относящий себя к мистикам в философии, достаточно изящно сформулировал или, точнее, открыл загадку построения снежинки:

Поскольку каждый раз, как только начинает идти снег, первые снежинки имеют форму шестиугольной звезды, то на то должна быть очень определенная причина, ибо, если это случайность, то почему не бывает пятиугольных или семиугольных снежинок (Кеплер 1982, 20).

Привлекая ряд аналоговых природных моделей и их математические пропорции, Кеплер в своей работе «О шестиугольных снежинках» выдвинул научное объяснение шестиугольной симметрии снежинки:

Формирующее начало избрало правильный шестиугольник не в силу необходимости, обусловленной свойствами вещества и пространства, а лишь за присущие ему (шестиугольнику – А. Л.) свойства сплошь, без единого зазора покрывать плоскость и быть наиболее близким к кругу из всех фигур, обладающих тем же свойством». При этом возможно, что формирующая сила действует в прочной зависимости от различного содержания влаги (Кеплер 1982, 24).

Тем самым Кеплер доказал, что характерная симметрия снежинки объясняется тем, что снежинка состоит из единичных крошечных частиц, собранных природой в сотовую модель. В качестве связанного с этой закономерностью ассоциативного отступления, напомним, что еще в 1 в. до н.э. Марий Теренций Варон рассуждал о том, что соты пчел появились как самая экономичная модель расходования воска и лишь в 1910 г. математик Аксель Тус предложил убедительное доказательство, что нет способа осуществить подобную укладку лучше, чем в виде сотового шестиугольника. На практике, если необходимо покрыть поверхность

правильными многоугольниками одного тела, то возможности для их поворота ограничиваются.

Единственными фигурами, которые могут создать однородный узор при мозаичном размещении, являются равносторонние треугольники, квадраты и шестиугольники. Пчелиные соты построены из правильных выпуклых шестиугольников так, что перемещая один шестиугольник без вращения параллельно самому себе можно опечатать всю плоскость «без дыр». Как уже было сказано, существуют только три вида правильных многоугольников, которые можно запечатать всю плоскость таким образом. Но почему-то пчелы «выбрали» для построения сот именно шестиугольник. Ответ состоит в том, что пчелиная сотовая пространственная модель является не только максимально прочной, но еще и максимально объемной, так как при шестиугольном расположении сот при данном количестве воска можно больше заготовить меда на зиму ибо, площадь правильного шестиугольника больше площади квадрата с тем же самым периметром. На протяжении сотен тысяч пчелиных поколений выживали пчелы, делавшие именно шестиугольные соты, а пчелы, делавшие соты иных конфигураций или произвольной пространственной геометрии погибали от недостатка меда.

Если исходить из трехмерного измерения, то оптимизация, т.е., минимизация материала для строительства стен здания или площади любого типа укрытия с одновременной максимализацией внутреннего объема, достигается исключительно путем шестиугольного мозаичного размещения. Такого рода сложноподчиненные, повторяющиеся геометрические построения нашли приложение в современных инновационных архитектурных построениях, состоящих из повторяющихся правильных многогранников, связанных с моделированием в архитектуре форм живой природы или области архитектурной бионики, целью которой стало исследование в органическом мире гармонически сформированных функциональных структур для использования законов и принципов их формирования в архитектуре. Аналогичным образом преломление темы природных форм нашли свое отражение в русских деревянных церквях фактуры сосновых и еловых шишек и в золотых «луковичных» главах церквей.

В советской архитектуре 1960 г. бионическое направление, позволяющее преодолеть схематизм организации пространственной среды в середине XX века нашло свое отражение в работах известных архитекторов И. В. Жолтовского, М. Я. Гинзбурга и др. Сегодня бионический принцип предполагает также использование в различного рода конструкциях и принцип меняющейся по насыщенности и окраске цвета и даже акустические средства. Помимо этого современная «био-

ническая» архитектура предоставляет возможность создавать фактурные поверхности на основе комбинаций прозрачных и полупрозрачных пластиков, которые при различных углах падения и отражения света, создают игру света и цвета, смыкаясь в этом плане с принципами оптико-кинетического направления в современном искусстве.

Как следствие выявленных в природе закономерностей формообразования в современной архитектуре возникло и соответствующее направление, стремящееся обеспечить надежность конструкции не только за счет свойств материала, но и за счет формы. В архитектуре возникли исследования форм природных оболочек с целью их дальнейшего архитектурно-бионического моделирования, устанавливающего оптимальность соотношении геометрии форм и различных физических свойств (Михаленко 1988; Нечаев 1994; Бурень 2006; Nachtigal 2000; Coley 2001). Для современной архитектуры пространственные формы и оболочки живой природы вызывают интерес не только с точки зрения геометрии форм и распределения в них напряжений, но и компактности их свойств и использование двигательной динамики. Так, скажем, использование в современной архитектуре вантовых конструкций, комбинирующихся таким образом, чтобы воспроизвести в основном растягивающее усилие, разительным образом напоминают природные паутины.

Таким образом, живая природа обнаруживает возникшую в результате эволюционного отбора практически совершенную гармонию функционирования формообразования, вследствие чего изучение законов природного формообразования закономерно ведет к расширению нашего понимания законов гармонии. Если же говорить о сложных, геометрически объемных бионических прототипах, то обращает на себя внимание существование в достаточной мере парадоксальной ситуации, состоящей в том, что использование технически воспроизводимых в искусственной среде биологических функций и геометризованных пространственных структур мира природы намного шире ее природных аналогов, а заимствование бионикой природных геометрически – пространственных форм достаточно многопланово, но все же конечно.

Морфологические исследования показали, что их строение аналогично строению современных высотных фабричных труб, – обе конструкции полые. Тяги стебля играют роль продольной арматуры. Междоузлия стеблей – своеобразные кольца жесткости чешуйчатых мембран, сквозь которые проходит ветер любой силы. В этом плане восприятие и пребывание в строениях бионической архитектуры создает у человека зачатую в одно и то же время ощущения постоянства и изменения, симметрии и асимметрии, широкую открытость и одновременно интимную защищенность внутреннего и внешнего пространства. Среди современных

архитекторов, развивающих бионический подход в архитектуре можно назвать Заха Хадид, здания которой напоминают реки застывшей лавы, сдвиги породы, причудливые горные ландшафты, изломанные глыбы льда, Нормана Форстера – в числе знаменитых проектов которого – небоскрёб в Лондоне, по форме напоминающий огурец, Жана Нувеля, здания которого являются продолжением окружающего пейзажа.

Бионическая урбанистика, представленная именами этих архитекторов выделяется сегодня как самостоятельная часть архитектурной бионики, поскольку оперирует особенностями использования закономерностей живой природы не только в сфере градостроительства, но и в более широких областях пространственно – территориального и инженерно-технического освоения, т.к. возведение зданий в рамках тех или иных бионических концепций, позволяет не только создать гармонию с окружающей средой, но и по сути открыть новое качество жизни. Как закономерное следствие – именно бионический подход в архитектуре является сегодня одним из наиболее востребованных в мире архитектурных течений, базирующихся на наиболее органичных и естественных для человека условиях его жизнедеятельности. Так, например, принцип сопротивляемости конструкции по форме, проявляющийся в закручивающихся в спираль листьях послужил основой для широкого применения в современной архитектуре, складчатых конструкций способных перекрывать большие сооружения. Принципы построения природных конструкций из тонко натянутых нитей (паутина и др.), а также конструкции из нитей с натянутыми между ними мембранами, перепончатые лапы водоплавающих птиц, крылья летучих мышей и др. послужили прототипом для создания многочисленных конструкций мостов на гибких тросах и вантовых конструкций. Использование принципа вантовых конструкций оказалось наиболее эффективным техническим решением для перекрытия зданий с большим пролетом – «висячие покрытия». В 1953 г. Р. Б. Фулер приводит информацию о научных разработках простейших пространственно-стержневых структур, в которых все стержни соединяются не друг с другом, а на основе вантовых конструкций. При создании подобных фигур Фулер вывел и основной принцип работы этих конструкций – «давление прекращается – растяжение продолжается», на давление работают стержни, на растяжение ванты.

Именно этот принцип и получил наименование тенсигрити – структур – пространственно-конструктивных систем, несущих в своей конструкции еще и «самонапряжённые системы», комбинированные, мгновенно-изменяющиеся системы и т.п. Не случайно, видимо крылья первых самолетов бипланов фиксировались между собой на основе натяжных тросиков и стоек. Из наиболее ранних и широко распространенных

вантовых систем, функционально аналогичных паутине, можно назвать рыбацкие сети, получившее в дальнейшем свое распространение в качестве спортивных сеток для спорта, металлических сеток и т.д. В дальнейшем, соединением звеньев цепи в двух перпендикулярных направлениях, создавались кольчуги, использовавшиеся в качестве доспехов, которые также можно отнести к ранним формам вантовых соединений. Все это в совокупности свидетельствует о том, что не только вантовым и аналогичным им конструкциям на основе объемно – пространственных биоформ криволинейных очертаний присущи закономерности, которые могут быть использованы в преодолении той чрезмерной сдержанности, которая еще имеет место в современной архитектуре при создании пространственных форм.

При конструировании опорных рам, ферм и подъемных кранов в архитектурной практике сегодня эффективно используется принцип построения пространственно-решетчатых систем у радиолярий, раковин, диатомовых водорослей и грибов. Так, например, большой конструктивный и эстетический эффект был достигнут архитектором П. Нерви, современным итальянским инженером и архитектором, прозванным «поэтом железобетона», которым сконструировано и воплощено плоское ребристое покрытие большого зала Туринской выставки, где за основу было взято жилкование листа тропического растения «Виктория регии». Имитация конструкции куриного и страусиного яйца и использование принципа конструкции этих оболочек при создании легких, большепролетных перекрытий различной кривизны нашли широкое применение при строительстве выставочных павильонов, спортивных комплексов и иных сооружений куполообразного типа. Пробразом современных телескопических антенн, спиннингов, настольных ламп, стал обычный стебель бамбука, который при значительной высоте и малом диаметре имеет абсолютную устойчивость за счет соединения полых элементов трубчатого сечения и утолщения мембран в местах соединений фрагментов стебля. Созданию пневматически напряженных конструкций в современной архитектуре, как правило, временных построек – спортивных залов, выставочных построек и т.д., явился «принцип тругора» и его природных прототипов, допускающий создание огромного количества многообразия пневматических (надувных) конструкций.

Прогнозы в отношении ближайших перспектив развития современной бионики позволяют прийти к предположению о все большей биологизации возникающих конструктивных, технических и компьютерных решений, а отделенные тенденции и перспективы предсказывают наступление в этих областях в отделенном будущем и подлинной биоэры. Подобного рода прогноз основан не только на анализе современных тенденций в био-

ническом движении, но и на ясном осознании исследователями того неизбежного и поныне факта, что даже при современном уровне технологического развития природа в некоторых областях все же намного опережает человека, вследствие того, что живые системы пока еще значительно многообразнее и сложнее любых технических конструкций. Биологические формы зачастую не могут быть рассчитаны из-за их необычайной сложности. Одной из причин, предопределяющих эту структурную и геометрическую и сложность биологических моделей, связывается ныне с тем установленным в биологии фактом, что биологические симметрии чаще всего строятся и основываются на так называемых неевклидовых группах преобразований. Тем не менее, даже при наличии современных методов исследования, многое остается «за кадром».

Помимо, уже упомянутого, принципа организации пчелиных сот, шестигранную структуру имеют – фасеточный глаз насекомых, ткани кукурузы, панцири диатомовых водорослей. Имеющий подобную равно пропорциональную структуру биообъект, обладает не только высокой жесткостью конструкции, но и прочностью при разнонаправленных нагрузках. Сотовый принцип получил распространение в строительстве, авиастроении, где роль сотового наполнителя заключается в его прикреплении к несущим слоям конструкции, обеспечивая приобретение новых свойств прочности. Кроме сотового принципа в живом мире распространены и иные типы «плотной упаковки», имеющие выпуклые, вогнутые и плоские поверхности - дольки чеснока, мандарина и т.д. С незапамятных времен используется и принцип чешуи рыб и панцирных животных. Бронзовая «чешуя», скрепленная кольцами или ремнями применялась в качестве доспехов уже более чем 2 тысячи лет назад.

И поныне, архитекторы и дизайнеры широко используют в своем творчестве принцип чешуи и ее стилистику при проектировании и изготовлении кровельных конструкций, черепицы и одежды. Ячеистая упаковка различных товаров также выполняется по бионическому принципу. Так, например, таблетки для лекарств часто упаковываются в ячеистую, блистерную упаковку. Издавна в культуре был известен и использовался и бионический принцип гетерогенных природных свойств или принцип неоднородности материала. К примеру, так называемый азиатский боевой лук, превосходивший по своим боевым качествам английский, изготовленный из тиса, был выполнен из своеобразного композитного материала. Такой лук, имел деревянную основу, на которую наклеивались с внешней стороны сухожилия животных, а с внутренней роговые пластины. Бионический «принцип неоднородности» широко используется сегодня в архитектуре, позволяя существенно повысить прочностные характеристики материалов. Композитные материалы

из углепластика, превосходящие по своим удельным прочностным характеристикам титан и бериллиево-магниевые сплавы уже давно используются в авиации. Использование перечисленных выше биологических природных форм свидетельствует о том, что самому генезису формообразования в природе присуща не только природная красота, но и сопряженная с ней *целесообразность*, неотделимая от общей гармонии природы. При этом заимствование геометрических форм оказываются достаточно многочисленными, а сам объем технически воспроизводимых биологических функций как биологических аналогов для построения бионической архитектурной среды далеко не исчерпан.

Своеобразной иллюстрацией этого утверждения является, например, тот факт, что сама концепция бионики в ее практическом смысле далеко не нова, так как уже китайцы свыше 3 тыс. лет назад пытались перенять у насекомых способ изготовления шелка, но только в начале XX в. бионическое движение приобрело своё второе дыхание. Как частное следствие этого примера – несколько лет назад учёные смогли проанализировать ДНК пауков и создать искусственный аналог шелковой паутины – хорошо известный синтетический материал «кевлар», существенным образом превосходящий по свойствам свой исходный природный аналог, по прочности не уступающий стали и имеющий плотность, близкую к плотности воды. Способ заимствования и воплощения подобных природных конструкций свидетельствует о том, что, современная бионика категорически отвергает в своих конструкциях принцип слепого копирования или формального воспроизведения моделей живой природы в технических аналогах, принимая перспективный «метод функционального моделирования», базирующийся на требованиях изоморфизма технических систем их биологическим прототипам.

Невзирая на значительную, накопленную ещё в 1960-х г.г. теоретическую базу, бионического конструирования, открытие и существование многих и многих бионических идей и прототипов их конструкций художниками русского авангарда начала XX в., бионическую архитектуру можно увидеть и в России лишь с недавнего времени. Так в 2003 году в Санкт-Петербурге по проектам петербургского архитектора Бориса Левинзона, главного архитектора ООО «Бионика Строй», был построен «Дом Дельфин» со стеклянными плавниками и синей спиной-крышей. Ощущение свежего воздуха и открытого пространства, внутренней свободы излучают, кажется, сами стены этого удивительного дома. Кстати, о стенах. Необычная форма здания требовала особой технологии строительства. «Дельфин» настоящий дом-скульптура. «Скелет» из металла одет в бетон, который заливался в деревянную форму.

И уже готовое «тело» довели до совершенства отделкой. Им же оформлен холл известной клиники «Меди – Эстетик», созданный по «последнему слову прогресса» соединивший человеческое жилье и гармонию природы. В Сестрорецке под Петербургом в 1999 году им же был сооружен и частный дом «Дом с глазами», возведенный по его проекту. Формы здания – явная интерпретация природных форм. Дом сливается с пейзажем, плавно в него перетекая, продолжая его. Он, как и все в природе, развивается: прорастает в землю бассейном и гаражом; стелется по земле садами с беседками, лавочками и оградами; покоряет воздух балкончиками и террасами. Окна, действительно, похожи на зоркие глаза, осматривающие небо, землю, деревья, которые являются их продолжением. Архитектор считает свое строение некой формулой, со множеством переменных, способных видоизменяться.

Подводя заключительный итог историческим предпосылкам, приведшим к возникновению в 60-е годы XX в. бионического направления в архитектуре, и намечая перспективы его движения, можно сказать, что как теория, так и практика бионики сложились в тесном соприкосновении с изучением как явных, так и скрытых природных закономерностей, с живой природой, и в этом смысле бионика - явление не случайное, но исторически и эволюционно закономерное. Изучение законов природы к исходу XX в. – началу XXI в., собственно говоря, с этой закономерной неизбежностью и привело к осознанию этих природных, в первую очередь биологических закономерностей, как в высокой степени целостных эталонов и интегрированных систем. Как следствие – опора на биологические прототипы и законы их функционирования в настоящее время признается наукой как одно из направлений научно-технического прогресса.

И уже сегодня можно утверждать, что бионический подход как искусство и техника применения биологии для не – биологических или искусственных объектов себя оправдал. Современная бионика приняла метод функционального моделирования, основанный на требованиях изоморфизма технических систем их биологическим прототипам. Для бионических систем любого уровня характерно исследование именно тех особенностей морфологического и иного строения живого, которые необходимы и достаточны для совершенно определенных задач синтеза природных и искусственных систем. Именно поэтому развитие бионической методологии в последние годы оказалось сориентированным не только на изучения элементов биологических систем, но и на движение к более сложным исследованиям их комбинаций, связей и взаимодействия с целью наиболее адекватного сопряжения в единые биотехнические системы, связанных между собой в едином контуре управления о нео-

необходимости возникновения подобных систем писал еще в 1964 г. (Н. Винер 1986, 3).

Очевидно, что все материальные средства живой природы, помимо продолжения рода, направлены на достижение одной единственной цели – существования и выживания. Реализация этой цели не может являться простым результатом механического функционирования живого, но с неизбежной закономерностью предполагает существование определенных и в какой-то степени независимых законов формообразования, которые сопряжены не только с внутренними, но и с внешними энергетическими законами биосферы, так как определенная функция живого может осуществляться только в определенной форме, ибо очевидно, что форма хороша тогда, когда она действует.

Достаточно сказать, что архитектурная бионика раскрывает картину совершенно нового типа архитектуры, характеризующейся, прежде всего большим богатством форм в выражении своего содержания. В этом смысле можно утверждать, что архитектура будущего будет уже не «музыкой в камне», а «музыкой форм пространства» или пространственной архитектурой, воплощающей в себе те или иные бионические принципы. Уже сегодня бионическая или органическая архитектура породила такие направления и явления в современной архитектуре как: «Био-тек», «Эко-тек», «Биоурбанизм», «Зооморфик», «Органи-тек» и др. Поэтому уже не вызывает сомнения, что когда-нибудь наши дома будут похожи не на однообразные коробки, а на птиц или цветы, а сами архитектурные решения позволят дышать чистым воздухом и жить в естественной природной среде.

### **Библиография**

- Аверченков, В. И. (2011), Эволюционное моделирование и его применение. Москва.
- Белько, Т. В. (2012), Природные факторы в дизайне среды: Ландшафтный дизайн, архитектурная бионика, города будущего. Тольятти.
- Бурень, В. М. (2008), Биология и нанотехнология. Материалы для современной и будущей бионики. Ростов-на-Дону.
- Виннер, Н. (1986), Творец и робот. Москва.
- Гийо, Ж.-А. (2013), Бионика: как наука имитирует природу. Москва.
- Дьяченко В. А., (2008), Бионические основы дизайна. Санкт-Петербург.
- Жуковский, Е. Г. (2008), От дельфинов до технической гидролокации и радиолокации. Орел.
- Кеплер, И. (1982), О шестиугольных снежинках. Москва.
- Курейчик, В. В. (2011), Бионические информационные системы и их практическое применение. Москва.
- Лебедев, Ю. С. (1990), Архитектурная бионика. Москва.
- Лебедев, Ю. С. (1970), Бионический метод в архитектуре. В: Архитектура СССР. 6, 17–26.
- Михайленко, В. Е. / Кашенко, В. (1988), Природа. Геометрия. Архитектура. Киев.

- Нечаев, С. П. (1994), Бионический метод в архитектурном градостроительстве. Новосибирск.
- Петухов, С. В. (1981), Исследования по неевклидовой механике. В: Биомеханические системы. Москва, 35-80.
- Хворостухина, С. А. (ред.) (2008), Барселона и шедевры А. Гауди. Москва.
- Эстебан, М. (2008), Ключ Гауди. Москва.
- Lloid, H. F. (2001), Wright in the realism of ideas. Mulgrave (Victoria).
- Madex, D. (2006), 50 Houses by Frank Lloid Wright. London.
- Nactigal, W. (2000), Das große Buch der Bionik. Neuen Technologien nach dem Vorbild der Natur. Stuttgart – München.