

**У ИСТОКОВ СОВРЕМЕННОЙ БИОНИКИ.
БИО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ
В ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЕ***

А.Н.Липов

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 столь необычными конструктивными особенностями и напоминающие природные формы, получили наименование бионической архитектуры.

Как понятие «бионика» (от греч. «биос» — жизнь), появившись в начале XX в., стало обозначать некую формирующуюся область научного знания, основанную на открытии и использовании закономерностей построения естественных природных форм для решения технических, технологических и художественных (напр. дизайн) задач на основе анализа структуры, морфологии и жизнедеятельности биологических организмов. С бионикой также принято связывать биомеханику — раздел биофизики, изучающей механические, динамические и морфологические свойства и особенности живых организмов, а также нейробионику, изучающую строение нервной системы человека, животных и моделирование на этой основе клеток-нейронов и нейронных сетей.

Своего рода «днем рождения» бионики принято считать 13 сентября 1960 г. — день открытия в США Международного симпозиума в г.Дайтоне «Живые прототипы искусственных систем — ключ к новой технике», который официально закрепил 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 на постоянный поиск новых средств формообразования, отвечающих возрастающей динамике жизни и соответствующей возможностям научно-технического прогресса. Представители науки «бионики» избрали для обозначения нового направления эмблему — скальпель и паяльник, соединенные интегралом с девизом: «живые прототипы — ключ к новой технике».

В СССР к началу 1980 гг. благодаря многолетним усилиям коллектива специалистов лаборатории ЦНИЭЛАБ, просуществовавшей до начала 1990 гг., архитектурная бионика окончательно сложилась как новое направление в архитектуре. В это время выходит итоговая монография большого международного коллектива авторов и сотрудников этой лаборатории под общей редакцией Ю.С.Лебедева «Архитектурная бионика» (1990). С гибелью руководителя лаборатории Ю.С.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 со стороны преимущественно архитекторов только в начале XXI в. Для архитектуры начала 70 гг. XX века характерна тенденция максимального уподобления строительных форм природным. Бионический или био-морфологический подход к проектированию и строительству обретает свой технологический статус, проникает в средовый, урбанистический и бытовой конструктивный дизайн и становится все более и более популярным. Отдельные опыты и заявки постепенно формируют и бионическую архитектуру, в основу которой закладывается преимущественное морфологическое построение конкретных биологических объектов, отличающихся безусловной

целесообразностью, надежностью, прочностью и экономичностью в расходовании природного материала.

Подобная направленность уже издавна позволяла создавать формы построений и формы архитектуры исходя из их природного назначения и возможностей природных материалов, т.е. как конструирование, так и само построение объектов стало во многом предопределяться особенностями создания подобных форм природой с характерной для нее взаимосвязанной организацией внешних форм и использованием их в строительстве: типы каменных кладок и креплений, кладки деревянных изб, плетеных поверхностей, конструктивных швов, соединяющих полотнища тканей, луковичные формы православных церквей и т.д. Всё время существования цивилизации и культуры природные формы выступали неиссякаемым источником для технических и технологических решений, выступая уподоблением природному формообразованию.

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, ибо живая природа в процессе своего развития имеет тенденцию и стремится к органической целесообразности существования, связанной с минимальным расходом энергии, строительного материала и времени. Подобная целесообразность и направленность природных форм, как представляется, и стала основой использования закономерностей формообразования живых структур в конструктивном, техническом и технологическом плане в искусственных объектах.

Более того, как нам представляется, 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, собственно говоря, 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* применяет 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.

Начало XX и в особенности начало XXI века в архитектуре ознаменовалось возрождением интереса к сложным криволинейным формам, подчас напоминающим формы живой природы, а иногда и способным к трансформациям. Не случайно темой Венецианской архитектурной бьеннале 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[1], провозгласивших, что архитектурная форма, как и в живой природе, должна быть функциональной и развиваться как бы «изнутри наружу». Само появление бионики, перекидывающей мосты от биологии к технике, было предопределено некоей генерализованной цивилизационно-технологической обусловленностью, ибо издавна известно, что, например, дельфины и некоторые рыбы плавают быстрее, чем самые современные корабли. Поэтому при всё возрастающей скорости современных надводных конструкций объектом исследования ученых становится тело и кожа дельфинов для применения в кораблестроении тех природных механизмов, которые позволяют дельфину двигаться быстрее. Изучение аналогии в живой и неживой природе получило

распространение для дальнейшего использования принципов построения и функционирования биологических систем и их элементов при совершенствовании как уже существующих технических объектов, 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 пластичностью и комбинаторностью, взаимосвязью элементов структуры, разнообразием как правильных геометрических форм и фигур — окружностей, овалов, ромбов, кубов, треугольников, квадратов, различного рода многоугольников, так и бесконечным множеством 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.

Всё это позволяет нам утверждать, что бионическое направление далеко не исчерпало свой концептуальный и технологический ресурс, хотя в тех или иных цивилизационных или исследовательских формах существовало на протяжении значительного периода истории. Если исключить период неолита, когда первобытный человек с неизбежностью 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 присутствовали 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, на наш взгляд, ярких подтверждений этого тезиса является ставшая символом Парижа 300-метровая Эйфелева башня инженера-мостовика А.Г.Эйфеля, которая в точности повторяет строение большой берцовой кости человека, легко выдерживающей тяжесть его тела. Конструкция башни была 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 всей 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 А.Г.Эйфелем.

По-видимому, не случайно и то, 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 свою очередь, в полном соответствии с пифагорейским учением 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.

И уже пифагорейцы, а вслед за ними И.Кеплер были увлечены поисками основной гармонии мира, или, говоря современным языком, *поисками неких наиболее общих морфолого-математических моделей, лежащих в основе строения плодов граната и в движении планет*. Зерна 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 формировалась в трудах Галилея, И.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»[2].

В своей работе «О шестиугольных снежинках» И.Кеплер 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»[3]. Тем самым И.Кеплер доказал, что характерная симметрия снежинки обусловлена тем, что единичные крошечные частицы ее собраны природой в сотовую модель.

В качестве некоего ассоциативного отступления, напомним, что еще в I 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 убедительно доказал, 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». И хотя существует, как было сказано, целых три вида правильных многоугольников, однако пчелы почему-то «выбрали» для построения своих сот именно шестиугольник. Ответ состоит в том, что пчелиная сотовая пространственная модель является не только максимально прочной, но и максимально объемной, так как при шестиугольном расположении сот при данном количестве воска можно заготовить на зиму больше меда, так как площадь правильного шестиугольника больше площади квадрата с тем же 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 максимизацией внутреннего объема — достигается исключительно путем шестиугольного мозаичного размещения. Одновременно построения такого рода будут и наиболее устойчивыми для внешнего неблагоприятного воздействия. Для сравнения — пятиугольники не могут покрыть плоскую поверхность т.к. получившийся в результате их сложения узор будет иметь *пробелы* в форме ромбов. Так же и семиугольники не могут образовать плотный узор. А размещение на этой же плоскости дополнительных семиугольников приведет к *перекрыванию* этих фигур также в форм ромба.

Невозможно выложить плотную мозаику и из восьми и десятиугольников. Математическое исследование мозаик, состоящих из правильных многоугольников, свидетельствует о том, что их комбинации также могут быть использованы для «плотного» мозаичного размещения, — например равнобедренный треугольник, параллелограмм и т.п. Периодическую мозаичную структуру можно построить из комбинаций восьмиугольников и квадратов. Однако природа не предоставляет нам

подобных арифметических мозаичных решений, а, следовательно, дальнейшие рассуждения такого рода можно отнести скорее к отвлеченной математике, чем к реальным пространственным природным объектам.

Тем не менее, это никоим образом не исключает использование, построение или просто изображение, помимо правильных многоугольников, *бесконечного множества абстрактных геометрических форм в повторяющемся симметричном построении на плоскости*. Уже в Древней Персии, а затем в Северной Африке и Испании, а также на Ближнем Востоке и частично в Китае чрезвычайно развилось искусство *двумерного абстрактного орнамента*, именуемого арабесками, и каллиграфии — поражающих и ныне своим геометрическим своеобразием, оригинальностью и красотой, свидетельствующих не о сложнейших математических расчетах, предшествующих их изображению, а о превосходном интуитивном понимании закономерностей пространственной природной формообразующей симметрии.

Появление растительного орнамента, стилизованной формы его растительного прототипа исследователи относят еще к эпохе Древнего Египта, в орнаментальных мотивах которого часто использовались цветок лотоса, финиковая и кокосовая пальма, папирус, лилия и др. Среди анималистических мотивов наиболее распространены были гусь, сокол, антилопа, обезьяна, цапля, рыба, змея[4]. Двумерная орнаментальная симметрия присуща фигурам с двумя особенными направлениями, происхождение названия которых хотя и связано с определенным рода бытовыми вещами, тем не менее также служат лишь родовыми понятиями для обозначения двух гораздо более широких явлений; по сути *сетчатый орнамент* — это *фигура без особенной точки, но с особенной полярной плоскостью и двумя осями переносов*.

В качестве примера можно привести плоские орнаменты кристаллических граней, образованные атомами, ионами и молекулами. Сама множественность, сам принцип построения подобных сложноподчиненных изобразительных художественных объектов не мог не найти своего продолжения и в современном неклассическом искусстве. Одним из наиболее оригинальных продолжателей этой техники являлся датский кристаллограф Мориц Корнелиус Эшер (1898–1972), который, совершенствуя технику графики, использовал своеобразную симметрию, создавая в своих графических произведениях бесконечные вереницы из реальных или мифических фигур. Художник использовал не только изображение человеческих существ и животных, но и различные повторяющиеся варианты их размещения.

Такого рода сложноподчиненные, повторяющиеся геометрические построения нашли приложение не только в современном графическом изобразительном искусстве, но и в современных новационных 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.

Возникновение данной области в истории архитектуры является относительной новацией: так, зодчий итальянского Возрождения Ф.Брунеллески в качестве основы для конструирования купола Флорентийского собора взял скорлупу яйца, а Леонардо да Винчи копировал формы живой природы при изображении и конструировании строительных, военных и даже летательных аппаратов. И ныне принято считать, что первым, кто начал изучать механику полета живых моделей «с бионических позиций», был именно Леонардо да Винчи, которому принадлежит «первенство» в изобретении модели вертолета (вертолета) и который пытался построить летательный аппарат с машущим крылом (орнитоптер).

Аналогичным образом преломление темы природных форм нашли свое отражение в русских деревянных церквях фактуры сосновых и еловых шишек, и в золотых «луковичных» главах церквей. Успехи строительной техники в XIX–XX вв. 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 биоформ в архитектуре XX в. Спроектированные и построенные А.Гауди жилые здания, монастырь Гюэль, знаменитый «Sagrada Família» (Собор Святого Семейства, выс. 170 м.) в Барселоне и ныне остаются и непревзойденными архитектурными шедеврами и, одновременно, наиболее талантливым и характерным примером ассимиляции архитектурных природных форм — их применения и развития.

А.Гауди талантливо подражал в архитектуре формам растительного мира: его колонны изображают стволы пальм с имитацией коры и листьев, лестничные поручни имитируют завивающиеся стебли растений, сводчатые перекрытия воспроизводят кроны деревьев. Уже в своих ранних творениях А.Гауди, которого уже при жизни именовали «Данте архитектуры», использовал параболические арки, гипер-спирали, наклонные колонны и т.д., создавая архитектуру, геометрия которой превосходила архитектурные фантазии и архитекторов, и инженеров. Одним из первых А.Гауди использовал также и био-морфологические *конструктивные свойства пространственно-изогнутой формы*, которая была воплощена им в виде гиперболического параболоида небольшого лестничного пролета из кирпича. Тем самым, благодаря изучению и применению в архитектурной тектонике природных форм, А.Гауди в начале XX в. наиболее близко подошел к современным геометрическим принципам проектирования и построения конструктивных бионических архитектурных систем. И поскольку в начале XX века еще не существовало ни направления, ни самого понятия бионической архитектуры, архитектурные шедевры гениального испанца относили к стилю «Ар Нуво»; архитектура А.Гауди включала как рационалистические, так и свободные от какой-либо канонизации или конкретных национальных архитектурных традиций и тенденций элементы и формы. Для архитектурного творчества А.Гауди характерен, в частности, такой прием как использование *гиперболических параболоидов* — геометрической пространственной фигуры, которая образуется при скольжении по двум другим непараллельным прямым; геликоидов — винтовых поверхностей, описываемых прямой линией, вращающейся вокруг неподвижной оси, с одновременной поступательной скоростью вдоль данной оси⁵. Фасады здания собора Саграда Фамилия представляют собой собранные вместе параболоиды, буквально усыпанные фигурами животных и растений из камня. При этом А.Гауди не просто копировал объекты природы, но творчески интерпретировал природные формы, видоизменяя пропорции и масштабные ритмические характеристики.

Первое впечатление о зданиях, спроектированных гениальным испанцем, что его постройки не только выбиваются из правильной геометрии, но, благодаря ритмической игре меняющихся вогнутых и выпуклых поверхностей стен сооружений, создается впечатление, будто здания физически дышат, а стены подобны живым мембранам, одновременно пластичные и протяженные стены и окна выявляют направленную сверху вниз силу нагрузки и противодействие ей силой сопротивления материалов. За 48 лет работы А.Гауди удалось сделать Барселону одним из красивейших городов мира в архитектурном отношении. Однако его бионические идеи в архитектуре еще долгое время не признавались официальной архитектурой⁶.

Не менее фантастическим является и воплощенный бионический проект динамической «художественно-технической» формы — аппарат для свободного полета человека с помощью собственной мышечной силы, — орнитоптер «Летатлин». Эта гибкая, пружинистая конструкция с подобием крыльев птицы принадлежит предтече отечественного дизайна В.Татлину, который впервые продемонстрировал его на выставке 1932 г. По словам В.Татлина, 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. Так, лонжерон у крыла, который сам В.Татлин называл «кости», был выгнут из цельной рейки в виде очень сложной восьмерки. Художник считал, что это необходимо потому, что эластичная конструкция прочнее, чем жесткая. По сути «Летатлин» — одна из первых построенных *бионических конструкций*, в которой в полной мере проявился научный характер художественного конструирования В.Татлина, связавшего биологию с техникой, где сама бионическая конструкция — лишь момент, завязанный в целостную художественную концепцию. Модель «Летатлина» демонстрирует масштабное пространственное сопряжение конструктивных идей и проектов В.Татлина с природой, проявляющееся в гибкости и органической пластичности его формально-художественного языка. Именно эти качества художника, сближавшие его в искусстве с *кубизмом и футуризмом*, позволили ему к середине 1920 гг. стать создателем своеобразного экспериментального направления в искусстве — *конструктивизма*, одного из главных источников формирования последующих отечественных архитектурно-дизайнерских концепций и отечественной школы художественного конструирования, использовавших, в том числе, и бионический принцип.

В последующем своем развитии, в 60 гг. XX в., архитектурная бионика двигалась от функции к форме и далее, к универсальным закономерностям формообразования, обогащая восприятие человека принципами и законами, характерными для биосферы, с одной стороны, и сферы техники архитектуры, с другой. Как следствие подобного архитектурного движения возникла концепция «органичной архитектуры», создателем которой стал уже упомянутый американский архитектор Г.Л.Салливен, а его продолжателями — Ф.Л.Райт, Х.Херинг и др. Проектирование и воплощение природных форм в архитектуре нашло также свое необычное отражение в работах С.Хохаузера (конструкции в форме скорлупы яйца), А.Куормби (конструкции в форме гланд, почек и желудка) Ф.Кизлера (конструкции в форме кишечного тракта). Еще раньше, в XIX в., наряду с архитектурной бионикой, в архитектуре возникает и еще одно новое направление «архитектоника растений», или учение о формировании конструкций в растительном мире, основным представителем которого был немецкий инженер С.Швенденер, способ воспроизводства природных систем сопрягающий с проектированием объемных моделей, прототипом которых являлись растительные природные формы. Таким образом, природное моделирование как нетрадиционный и достаточно своеобразный способ познания живой природы соединилось здесь с инструментами для решения практических задач уже не просто архитектурного, но скорее — архитектурно-художественного конструирования.

В отечественной архитектуре бионическое направление, позволяющее преодолеть схематизм организации пространственной среды, в середине XX в. нашло свое отражение в работах известных архитекторов И.В.Жолтовского, М.Я.Гинзбурга и др. Сегодня бионический принцип используется в различного рода конструкциях, как и принцип изменения насыщенности цвета и даже акустические средства. Помимо этого современная «бионическая» 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.

Известно, что диапазон форм и принципов их построения в живой природе чрезвычайно многообразен, зачастую он возникает в результате сочетания и комбинаторности многочисленных формообразующих факторов. Так, архитектор П.Солери (США) спроектировал мост, по форме напоминающий свернутый лист злака, основываясь на свойстве листьев и стеблей растений принимать схожие пространственные формы при необходимости повышении прочности и устойчивости растений. 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 соотношения геометрии форм и различных физических свойств: В.Е.Михаленко (1988), С.П.Нечаев (1994), В.М.Бурень (2006), М.Nachtigal (2000), М.Coley (2001), D.Goldberg (2002), Ph.Staadman (2008) и др.⁷

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 с точки зрения их компактности и использования двигательной динамики. Так, например, использование в современной архитектуре вантовых конструкций, комбинирующихся таким образом, чтобы воспроизвести в основном растягивающее усилие, разительным образом напоминает природные паутины. Таким образом, живая природа обнаруживает возникшую в результате эволюционного отбора практически совершенную гармонию формообразования, вследствие чего изучение законов природного формообразования и функционирования форм закономерно ведет к расширению нашего понимания законов гармонии.

Если же говорить о сложных геометрически-объемных бионических прототипах, необходимо обратить внимание на 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 естественных природных аналогов, а заимствование бионикой природных геометрически-пространственных форм достаточно многопланово, хотя и конечно. При обращении к пространственной геометрии природы можно увидеть, что во всем многообразии существующих в природе форм достаточно распространены *правильный многогранник* — трехмерное тело, поверхность которого состоит из правильных многоугольников с идентичными поверхностями, гранями, вершинами углов. Таковыми являются четырехсторонний *тетраэдр*, шестисторонний *куб*, восьмисторонний *октаэдр*, двенадцатисторонний *додекаэдр* и двадцатисторонний *икосаэдр* — все так называемые *платоновские тела*. Существование в природе этого и только этого ограниченного числа многоугольников является не просто примечательным фактом, но буквально удивительным физическим природным феноменом, объяснить который рациональное знание оказалось не в состоянии за весь многотысячный период своего существования.

Подобную, до сих пор не выясненную наукой природную закономерность Льюис Кэррол именовал «провокационной малочисленностью». И хотя все пять типов многоугольников были определены еще Пифагором за две тысячи лет до рождения Платона, всем им в честь Платона математик Евклид дал название «платоновские тела». При строгом соблюдении требований об одинаковой расстановке многоугольников во всех угловых точках при их смещении получают объемные тела — *полуправильные многогранники*. Так, икосаэдр с двенадцатью равносторонними треугольниками с обрезанными вершинами углов становится усеченным икосаэдром — фигурой, содержащей два шестиугольника и один пятиугольник на каждой вершине. При всей кажущейся внешней описательной сложности подобной конфигурации отметим, что таким усеченным икосаэдром является всем известный кожаный футбольный мяч, в котором, как правило, шестиугольные кожаные нашивки окрашены в белый, а пятиугольные в черный цвета.

Мы бы не стали столь подробно описывать здесь подобные геометрические фигуры, если бы они являлись лишь абстрактными моделями или даже конкретными геометрическими фигурами в пространственных построениях и если бы последние как по отдельности, так и в различных сочетаниях не использовались бы и в современной

архитектуре, и в современном искусстве (оптико-кинетическое искусство, художественное стекло и т.д.). Самый известный купол, построенный по этой сложноподчиненной геометризованной мозаичной схеме — павильон США на выставке EXPO – 67 в Монреале, высота его составляла 65 метров. Примечательно, что одна из характерных его особенностей состояла в том, что внутренние шестиугольные элементы соединялись с треугольными элементами снаружи, а те, в свою очередь перекрывались прозрачным пластиковым покрытием.

* Первая часть. Окончание следует.

© **Липов А.Н., 2010.**

[1] См., напр.: *Wright F.L. in the realism of ideas*. Mulgrave (Victoria). 2001; *D.Madex 50 houses* by Frank Lloyd Wright. London. 2006.

[2] *Келлер И.* О шестиугольных снежинках / Пер. с англ. Ю.Данилова. М., 1982. С. 20.

[3] Там же. С. 24.

[4] Более подробно о природной орнаментальной растительной и анималистической симметрии в античности, в Византии, на древнем Востоке, в Китае, Японии, о специфике орнаментов исламских и западноевропейских культурах см.: *Белько Т.В.* Природа, искусство, дизайн. Тольятти, 2008. С. 76–93.

[5] См.: *Эстебан М.* Ключ Гауди / Пер. с исп. М., 2008.

[6] См.: Барселона и шедевры А.Гауди / Сост. С.А.Хворостухина. М., 2008; *Надеждин Н.* Воздушные замки Каталонии. М., 2008.

[7] См. напр.: *Nactigal W.* Das grosse Buch der Bionik. Neuen Technologien nach dem Vorbild der Natur. Stuttgart – Munchen, 2000; *Nenzo-Fuzzy-Systeme.* Abhandlungen der mathematisch-natur-wissenschaftlichen Klasse. Akad, der, Wiss. – Stuttgart, 2001; *Von den Grundlagen Kunstlerischen neuronaler Netze zur Kopplung mit Fuzzy-Systemen.* – Westbaden, 2003.