

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

А.Н.Липов

Не менее значительным природным прототипом или объектом для бионического моделирования является тело самого человека, издревле служившее основой и для так называемого антропного пропорционирования, и буквально физической моделью формообразования при конструировании архитектурных объектов, скульптурных композиций и технических изобретений. Уже в I в. до н.э. древнеримский архитектор Витрувий, вдохновленный строением и пропорциями человеческого тела, сформулировал архитектурную теорию, которая в последующем, в особенности в XX веке, нашла свое отражение в архитектурной теории и построениях Шарля Эдуарда Жаннера (Ле Корбюзье), составившего свою шкалу пропорционирования, повлиявшую на эстетику архитектуры XX века, и внесшего существенный вклад в разработку новых систем антропного пропорционирования в архитектуре. Он предложил в конце 40-х гг. XX в. таблицу-Модулар с шагом, равным известному «золотому числу» Φ , осуществляя попытки построения форм на основе чисел Фибоначчи и «золотого сечения»^[1].

Именно Ле Корбюзье создал модульную графику, «иллюстрирующую» части человеческого тела. В основу Модулора были положены конкретные пропорции человеческого тела, соотношения человеческого роста и морфологического строения. Это, в частности, отношение высоты головы к высоте пупка, расстояние от пупка до верха головы, от верха головы до вытянутой руки. При этом Ле Корбюзье пришлось отрабатывать для своей системы несколько вариантов «человека-образца». А поскольку это был образец, то его величины были определены как средние (или выше среднего). Так, в первом варианте Модулора он был ростом 175 см, а в положении с поднятой рукой — 216 см; от этих исходных данных были рассчитаны и все остальные.

Целью подобного построения стало нахождение и внесение в современную архитектуру и художественное конструирование *модуля* (условной единицы), основанной на измерении человека. Сам Модулар был построен как одинарный ряд на двух сдвинутых рядах чисел Фибоначчи, условно названных автором красной и голубой линиями, где данное удвоение резко увеличило возможности архитектурной комбинаторики. Установка Ле Корбюзье состояла в том, что человек должен полностью укладывается в божественные пропорции чисел Φ , отражающих прогрессию «золотых чисел».

Последующие исследования показали, что построение схемы Модулора по канону Ле Корбюзье возможно лишь при введении в теорию пропорций понятия относительного нуля, определяющего границы их зрительного различения и признания затем де-факто равноценности приближенных пропорций и математически точных пропорций. От этого пути Ле Корбюзье отказался, так как величины порядка 0,006 размера в реальности не воспринимаются. При всех сложностях использования его, Модулар обладал некоторыми очевидными достоинствами, которые обеспечили возводимым на его основе конструкциям определенное достижение эстетически совершенных пропорций, многовариантность компоновок и некоторую соразмерность с пропорциями человека в ряде построек самого Ле Корбюзье: Павильон Эспре-Нуво в Париже (1950 г.), капелла в Роншане (1954 г.) и др.

Конструктивные системы живых организмов формируются по принципу экономии материалов и обеспечения надежности конструкции. Характерный пример этого направления — полная аналогия между современными высотными сооружениями и стеблями злаков, которые, как известно, способны выдерживать большие нагрузки и не ломаться под тяжестью соцветия. Морфологические исследования показали, что строение их аналогично конструкции современных высотных фабричных труб — обе конструкции полые.

Скелеренхимные тяжи стебля играют роль продольной арматуры. Междоузлия стеблей — своеобразные кольца жесткости.

Среди множества спроектированных и построенных сегодня на различных природных принципах архитектурных объектов не может не вызывать интерес грандиозный по замыслу проект бионического «сверхвысотного» вертикального города-башни, созданный испанскими архитекторами, супругами Розой Сервера и Хавьером Пиозом. Он должен был появиться через 15 лет в Шанхае и впервые был представлен в 1997 г. в Лондоне на III Международной конференции по высотным сооружениям, представляя собой, пожалуй, исключительное по своему масштабу, одно из последних и самых современных бионических построений. Как бионические, так и конструктивно-технические его особенности заслуживают достаточно подробного их описания. В основу проекта положен принцип конструкции дерева кипариса. Башня-город по проекту будет иметь высоту 1228 м с охватом в самой широкой точке 166 на 133 м, у основания 133 м на 100 м. В башне будет 300 этажей, расположенных в 12 вертикальных кварталах по 80 м в высоту каждый, между которыми роль несущей конструкции для каждого очередного уровня квартала будут играть перекрытия-стяжки предыдущего уровня. По словам испанских архитекторов, «идеология» бионической башни — это не нагромождение высотных зданий и этажей, это *город в башне* (в монолитном цилиндре которого как бы вмещается сложная асимметричная структура), уже получивший у специалистов наименование — новая Вавилонская башня.

При возведении свайного фундамента планируется использовать алюминиевую «гармошку», опирающуюся на землю и едва заглубленную в нее, где «корневая система» здания при строительстве будет увеличиваться по мере набора высоты. Снаружи башня будет покрыта специальным воздухопроницаемым пластичным материалом, имитирующим кожу или кору дерева и сводящим к минимуму колебания верхних этажей. Изучая бионические принципы, приложимые к современной архитектуре и материалам, М.Р.Сервера и Х.Пиоз пришли к выводу, что в природе не существует построений из однородных материалов. В этом плане, если смотреть, например, на дерево более внимательно, то обнаружится, что оно не состоит из единого монолита и меняется по мере того, как растет. Внешние слои имеют большую плотность, чем внутренние. Ветви у земли — иную структуру, чем верхние, а корневая система постоянно меняется. По свидетельству авторов проекта, механизм роста конструкции, или, точнее, набора высоты, был позаимствован ими у кипариса, дерева, обладающего исключительными, если не уникальными свойствами устойчивости и прочности. При том что корневая система кипариса заглублена всего на 500 мм, она невероятно разветвлена и по своему строению напоминает губку. С каждым новым миллиметром ствола появляется, уходя чуть в сторону от уже существующего, и новый отросток корня. Листья кипариса состоят из мелких чешуйчатых мембран, сквозь которые проходит ветер любой силы.

На основе бионического, или, видимо, точнее, антропного принципа, южнокорейский архитектор С.Калатрава построил в Швеции башню — HSB Turning Torso, буквально «закрученное» вокруг своей оси стодевяностометровое здание, «сложенное» из девяти слегка сдвинутых относительно друг друга кубов так, что верх башни оказывается повернутым на 90° от основания. Архитектор считает, что линия изгиба небоскреба имитирует изгиб тела человека, выполняющего подачу в теннисе. Отсюда и название здания «Торс в повороте». К современным зданиям, построенным на основе реализации бионических принципов, сегодня можно причислить здание Сиднейской оперы, здание Всемирного выставочного комплекса в Монреале, небоскреб SONY и музей плодов в Японии, здание правления ММБ Банка в Нидерландах. Все эти сооружения как бы выбиваются из правильной архитектурной геометрии, представляя собой своего рода пластические решения на основе сопряженных и меняющихся выпуклых и вогнутых поверхностей, что при их восприятии создаёт ощущение движения и ритмической игры конструктивных форм. В этом плане восприятие и пребывание в строениях бионической архитектуры создает у человека зачастую 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, может быть названа Заха Хадид, здания которой напоминают реки застывшей лавы, сдвиги породы, причудливые горные ландшафты, изломанные глыбы льда; Нормана Форстера, в числе знаменитых проектов которого небоскреб в Лондоне, по форме напоминающий огурец; Жана Нувеля, здания которого выглядят 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, ибо 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.

Изучая процесс окраски у животных, бионики заимствовали идею изменения цвета в зависимости от изменения температуры. Ученым удалось создать термометрические краски, с помощью которых можно легко узнать, как нагреваются во время работы различные детали узлов машин и механизмов. Столь распространенная у морских животных вакуумная присоска послужила основой как для изготовления подъемных кранов, стоящих на прижатой к земле чаше, из которой предварительно выкачан воздух, так и различных приспособлений — от механизмов крепления на одежде до хорошо известных всем сегодня пластиковых присосок бытовых держателей для мыла. Природные формы послужили основой для разработки принципиально новых типов архитектурных структур — соединенные по спирали, построенные на шарнирах, соединенные по принципу центрально-осевой симметрии, пружинящие и т.д.

Закрученная форма некоторых природных конструкций подсказала архитекторам и новую форму спиралевидной основы здания — *турбосомы*, конструкция которой характеризуется аэродинамичностью и исключительной устойчивостью к давлению ветра, незаменимой при строительстве высотных домов. На основе исследования принципов работы оригинальных живых моделей, отличающихся высокой маневренностью, экономичностью и надежностью (насекомые, морские ежи, ящерицы, пингвины, горные козлы, тигры и т.д.), сегодня разрабатываются проекты вездеходных прыгающих, ползающих и других универсальных средств передвижения. 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 т.п. 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».

На этой конструктивной основе в последующем возникает и совершенно новый фундаментальный способ построения и, одновременно, особая область воплощения конструктивных решений, получивших в английском языке наименование «tensegriti» («тенсегрити»), что означает стабильность системы за счет баланса в ее структуре сил сжатия-растяжения и возможность приложения ее в самых различных областях архитектуры, современного дизайна, скульптуры. Автором этой инженерно-конструктивной новации принято считать американца Дональда Ингбера. Прототипом же возникновения идеи

тенсегрити-структур послужила биологическая структура живой клетки, молекулы которой находятся в постоянном движении, обеспечивающем единство и сохранение общей структуры — того, что мы именуем телом.

Тенсегрити — многокомпонентные системы, механическая устойчивость в которых обеспечивается за счет прочности всей совокупности конструкции. Как правило, выделяются два типа тенсегрити-структур. Первый — геодезические купола, фундаментальная основа которых создана из прочных распорок, каждая из которых испытывает сжатие или растяжение. Соединяясь, распорки образуют треуголы, пентагоны или гексагоны, ориентированные таким образом, чтобы удерживать каждый соединительный узел в фиксированном положении, тем самым гарантируя устойчивость всей системы. Уже приводимая в качестве примера Останкинская телебашня, поддерживаемая за счет соединенных внутри нее напряженных вантовых конструкций или даже домашний веник могут служить иллюстрирующим примером функционирования тенсегрити-систем. Автором тенсегрити-систем второго типа, реализуемых за счет предварительного напряжения, является скульптор К.Снельсон, в архитектурных работах которого сочетаются структуры, перманентно испытывающие только растяжение, и структуры, подвергающиеся только напряжению сжатия. При применении внешней силы, равновесность и стабильность системы обеспечивается за счет противоборства сил сжатия и растяжения в одно и то же время. Сжатые компоненты будут растягивать растянутые. На основе этой конструкции Р.Б.Фуллер разработал знаменитые пространственные конструкции — геодезические купола Фуллера, основу которых составляет полусфера, представляющая собой звездообразный додекаэдр, в котором присутствуют пятиугольные пирамиды, треугольные пирамиды и тетраэдры, выступающие с каждой из 12-и поверхностей, что стало одной из крупнейших конструктивных новаций XX века. Находящиеся под давлением купола и скульптуры Р.Б.Фуллера расположены максимально близко друг к другу и находятся в состоянии упругого равновесия. Именно поэтому предполагается, что самые устойчивые и прочные здания невысотной конфигурации получаются при использовании тенсегрити-структур.

Стержне-вантовые, вантовые, мембранные и тентовые системы, имеющие свои прототипы в природе, содержат в себе высокую надежность на растяжение. Не случайно, видимо, крылья первых самолетов — бипланов фиксировались между собой на основе натяжных тросиков и стоек. Среди наиболее ранних и широко распространенных вантовых систем, функционально аналогичных паутине, можно назвать рыбацкие сети; в дальнейшем это получило распространение при изготовлении спортивных сеток для тенниса, волейбола, металлических сеток заборов 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 свидетельства того, что как вантовым, так и другим, 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, которым сконструировано и воплощено плоское ребристое покрытие большого зала Туринской выставки; за основу организации такого покрытия было взято жилкование листа тропического растения Виктория регия.

В строительных конструкциях и соединениях для снижения силы напора ветра и давления на основание используется также бионический принцип конуса, отчетливо просматриваемый, например, в конструкции Останкинской телебашни. 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.

Прообразом современных телескопических антенн, спиннингов и даже настольных ламп стал обыкновенный 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., послужило использование *принципа тругора* в природе, что обусловило создание огромного количественного многообразия пневматических (надувных) конструкций.

В целом облик современной бионической архитектуры можно классифицировать по способу применения биологических аналогов. Так, например, на основе использования сетчатых ребристых и модульных образований природных форм — снежинки, шляпки гриба и т.п. — были сформированы принципы создания легких конструкций, способных выдерживать значительные нагрузки. Живая природа оптимизировала несущую способность кристаллических образований с минимальным использованием природного материала, или «каркасных» структур.

Одним из примеров каркасной системы формообразования в архитектуре и дизайне является идея гнезда и фигуры, имитирующие строение шляпки грибов. Достаточно распространенным приемом в бионическом дизайне является сочетание образов живой природы и своего рода сюрреалистического взгляда на природу: диваны в виде кисти руки, стеллажи, сконструированные по принципу «пчелиных сот», и т.п. С использованием приемов структурирования природных форм японскими дизайнерами выполнены «стул-бабочка», шкаф «гусеница», лампа «змея», вешалки для одежды, воспроизводящие принцип ветвления в природе. Не менее интересными представляются и опыты отечественных дизайнеров в области бионического моделирования костюмов [2]. Известны также и отдельные дизайн-концепции и разработки на основе изучения принципов формообразования в природе. Один из примеров подобного рода — творчество достаточно экстравагантного итальянского дизайнера Л.Колани. В своей концепции биодизайна Л.Колани исходит из того, что сама пластика природных объектов делает возможной взаимосвязь разнохарактерных объектов друг с другом и окружающей средой с образованием единого пространственно-природного комплекса. Его эскизы автотранспортных средств, например, строго следуют аэродинамическим принципам. Образцом оптимальных, с точки зрения дизайнера, биологических моделей служат обтекаемые тела морских животных, о чем свидетельствуют тщательные зарисовки им пластических и гидродинамических особенностей зубастых китов, касаток и др. [3]

Не меньший интерес и совершенно особую новационную область бионики представляет ее *нейробионическое направление* (нейробионика), связанное с реализацией природных морфологических принципов в конструировании и построении различного уровня нейронных сетей, что даже сегодня открывает практически необозримые и даже фантастические возможности для развития электронной и вычислительной техники [4]. Этим направлением изучается строение нервной системы человека и животных, конструкция клеток-нейронов и нейронных сетей; это позволяет не только развивать и совершенствовать электронную и вычислительную технику, но и моделировать искусственные органы, совместимые с рецепторами человека (искусственный глаз, искусственное ухо и т.д.). Создание искусственных нервных сетей, способных к самоорганизации, в совокупности с моделированием человеческой памяти и других свойств нервной системы образует предпосылки для создания «думающих» машин, позволяющих автоматизировать наиболее сложные процессы управления и производства. Представляется также чрезвычайно перспективным создание технических систем с биологически чувствительными элементами (например, глаза пчелы для обнаружения ультрафиолетовых и глаза таракана для

обнаружения инфракрасных лучей). По существу, развитие нейробионики означает создание во вполне обозримом будущем кибернетических устройств, совместимых с морфологической структурой тела человека. И это позволяет говорить о широких потенциальных возможностях физико-технологической реконструкции человека в направлении совершенствования его морфологического строения, рецептивных и интеллектуальных функций[5].

В качестве иллюстрации к сказанному можно привести данные Института Брукинса (США) о том, что Пентагон уже инвестировал миллиарды долларов в проект создания «бионического солдата»[6]. Американские исследователи сообщают также о создании миниатюрной камеры в форме человеческого глаза, что может означать переворот в цифровой фотографии и, в перспективе, — создание искусственного бионического глаза. Ученым США удалось также разрешить давнюю техническую проблему — разместить матрицу из микроэлектронных компонентов на вогнутой поверхности, имитирующей сетчатку человеческого глаза. Исследователям также удалось решить техническую проблему присоединения камеры в форме глаза к компьютеру, поставив на повестку дня вопрос о ее соединении с мозговыми центрами и создании искусственной сетчатки или даже глаза[7]. Представляет несомненный интерес создание в США, в результате разработки технических моделей биологических анализаторов, экспериментальных образцов *перцептронов* — бионических моделей зрительных и слуховых анализаторов для автоматического восприятия и опознавания зрительных и слуховых образов. Моделирование на основе перцептронов органов осязания и других чувств открывает путь к протезированию утраченных человеком органов чувств.

Не меньшее значение имеет создание и разработка *перцептронов* как самообучающихся систем, выполняющих логические функции опознавания зрительных, звуковых и иных образов, их классификации и способных к принятию самостоятельных решений; они способны распознавать недоступные восприятию человека источники инфракрасного излучения, источники радиочастотных или ультразвуковых колебаний. В свою очередь, технический синтез перцептронов и различного уровня компьютерных устройств позволяет в перспективе создать некий высший класс автоматов с исключительными и трудно прогнозируемыми сегодня в технологическом и практическом отношении возможностями их функционирования.

К значительным достижениям нейробионики можно отнести и создание учеными Института реабилитации в Чикаго бионического протеза руки, позволяющего пациенту не только управлять рукой с помощью мыслей, но и — на основе пересаженных ему собственных нервов с поврежденного участка и процессора протеза — распознавать некоторые ощущения[8]. Прогнозы же в отношении ближайших перспектив развития современной бионики позволяют прийти к предположению о все большей биологизации возникающих конструктивных, технических и компьютерных решений, а отдаленные перспективы предсказывают наступление в этих областях в отделенном будущем и подлинной биоэры. Подобного рода прогноз основан не только на анализе современных тенденций в бионическом движении, но и на ясном осознании исследователями того незыблемого 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. Одна из причин этой структурной и геометрической сложности биологических моделей связана с тем, что биологические симметрии чаще всего строятся и основываются на так называемых неевклидовых группах преобразований[9]. В этом плане достаточно показательны по своей эффективности примеры гидродинамического моделирования и конструктивного воплощения особенностей строения кожи дельфинов, что помогло инженерам создать особую обшивку подводной части кораблей и подводных лодок —

«ламинфло», что аналогично коже дельфина и обеспечивает повышение скорости движения за счет обшивки на 20–25%. Искусственная кожа дельфина устраняет турбулентные завихрения и обеспечивает скольжение с минимальным сопротивлением[10].

Не менее показательно и разрешение серьезной проблемы реактивной авиации — так называемого флаттера: внезапно возникающей на высокой скорости сильной вибрации крыльев, ведущей к разрушению всей конструкции. Биологический аналог для разрешения этой проблемы был найден в устройстве крыла стрекозы, утолщенном на конце и известном в биологии как птеростигма. В последние годы бионика подтверждает, что большинство изобретений цивилизации уже задолго до египетских пирамид «запатентовано» природой. Такие привычные нам изобретения XX века, как застежки «молния» и «липучки», сделаны на основе строения пера птицы, где надежное сцепление обеспечивают бородки пера различных порядков, оснащенные крючками.

Технические системы, созданные человеком, не имеют внутреннего динамического равновесия, и в этом смысле они статичны. В живой же природе мы имеем дело со структурами, которые непрерывно разрушаются и восстанавливаются, а постоянство форм поддерживается за счет их непрерывного восстановления, и эта разница с технико-технологической точки зрения весьма существенна; современной же цивилизацией еще не создано аналогичных искусственных моделей со сходными принципами.

Помимо уже упомянутого ранее 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 2-х тысяч 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 лекарств часто упаковываются в ячеистую, блистерную упаковку.

Издавна в культуре был известен и также использовался *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 и позволяет существенно повысить прочностные характеристики материалов. Композитные материалы из углепластика, превосходящие по своим удельным прочностным характеристикам титан и бериллиево-магниевые сплавы, уже давно применяются в авиации. Использование перечисленных выше биологических природных форм со всей очевидностью 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.

Современная бионика занята воспроизведением технически воспроизводимых биологических функций множества природных аналогов на различных материальных основах, как правило, приводящих к нахождению некоего типа «полезности». При этом заимствования геометрических форм оказываются достаточно многочисленными, а сам

объем технически воспроизводимых биологических функций как биологических аналогов для построения искусственной 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 китайцы уже свыше 3 тыс. лет назад пытались перенять у насекомых способ изготовления шелка; однако только в начале XX в. бионическое движение приобрело свое второе дыхание. Так, несколько лет назад ученые смогли проанализировать ДНК пауков и создать искусственный аналог шелковой паутины — хорошо известный синтетический материал «кевлар», существенно превосходящий по свойствам свой исходный природный аналог, по прочности не уступающий стали и имеющий плотность, близкую к плотности воды.

Особенности зрения лягушки, локационное приспособление летучей мыши, сверхчувствительный приемник инфракрасного излучения у гремучей змеи, следящая система и безинерционная связь двигательного и зрительного аппаратов жука богомола — все это уже широко известные объекты исследования бионики, задача которой изучение принципов работы живой материи и создание на этой основе новых технических объектов и технологий.

Кроме разработки новых материалов, основанных на бионических принципах, исследователи постоянно сообщают о технологических открытиях, базирующихся на «интеллектуальном потенциале» природы. Так, например, в октябре 2003 г. в исследовательском центре Хегох в Пало Альто разработали новую технологию подающего механизма для копиров и принтеров. В новой печатной схеме принтера, созданной в исследовательском центре Хегох, отсутствуют подвижные части: она состоит из 144 наборов по 4 сопла в каждом, направленных в разные стороны, а также 32 тыс. оптических сенсоров и микроконтроллеров, имитирующих устройство термитника и поведение самих насекомых.

В устройстве AirJet разработчики скопировали поведение стаи термитов, где каждый термит принимает независимые решения, но при этом стая движется к общей цели, например, к построению жилища. Сконструированная печатная схема оснащена множеством воздушных сопел, каждое из которых действует независимо, без команд центрального процессора, однако в то же время они способствуют выполнению общей задачи — продвижению бумаги.

В упомянутом устройстве отсутствуют подвижные части, что позволяет удешевить производство. Способ заимствования и воплощения подобной природной конструкции свидетельствует о том, что, современная бионика категорически отвергает 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.

Подводя некоторый заключительный итог историческим предпосылкам, приведшим к возникновению в 60-е гг. XX в. бионического направления, и намечая перспективы его развития, можно сказать, что как теория, так и практика бионики сложились в тесном соприкосновении с изучением как явных, так и скрытых природных закономерностей живой природы. В этом смысле *бионика — явление не случайное, но исторически и эволюционно закономерное*. Опора на биологические прототипы и законы их организации и 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. Для бионических систем характерно исследование именно тех особенностей морфологического и иного строения живого, которые необходимы и достаточны для совершенно определенных задач при синтезе природных и искусственных систем. Так, например, при автоматизации станочных линий, спроектированных по жестким ограниченным программам, стала очевидной невозможность создания промышленных роботов не бионическим путем. Именно поэтому само развитие бионической методологии в последние годы оказалось сориентированным не только на изучение 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, связанные между собой в едином контуре управления. О необходимости возникновения подобных систем еще в 1964 г. писал Н.Винер[11]. Очевидно, что все материальные средства живой природы, помимо продолжения рода, направлены на достижение единой наиважнейшей 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.

Как утверждал И.В.Гете, если форма соответствует образу действия живых организмов, то она со всей силой действует на этот образ жизни[12]. Достаточно сказать, что уже только архитектурная бионика раскрывает картину совершенно нового типа архитектуры, характеризующейся прежде всего большим богатством форм в выражении своего содержания. В этом смысле можно согласиться с мнением С.Клаучо, что архитектура будущего будет уже не «музыкой в камне», а «музыкой форм пространства» или пространственной архитектурой, воплощающей в себе те или иные бионические принципы. Процессы роста и развития живого включают интерактивное регулирование на клеточном уровне. Все это в совокупности обеспечивает невероятную прочность и гибкость морфологического строения биоформ на протяжении всего их жизненного цикла. Такая адаптивность в процессе формообразования приводит к созданию уникальной адаптивной структуры, называемой в бионике интеллектуальной системой. В перспективе интеллектуальная бионическая система сможет самостоятельно совершенствовать собственную форму или дизайн, меняя их самыми разнообразными способами, например, добавляя недостающий материал в определенные части конструкции, изменяя химический состав отдельных узлов и т.п. И хотя современному уровню бионики и промышленности пока недоступны технологии создания интеллектуальных бионических систем, которые, взаимодействуя с окружающей средой, обладали бы свойством приспособления и изменяли свои свойства, перспективы их создания завораживают.

Само же возникновение бионики, использующей природные формы, по нашему убеждению, свидетельствует о тесном биологическом родстве человека с окружающей его живой природой, доказывает, что не существует непреодолимых преград между живой и неживой природой, а существующие законы природы объединяют весь мир в единое целое. Поэтому, в заключение сказанного и в связи с перспективами развития этой новой области знания, было бы вполне уместно процитировать австрийского философа, основателя антропософии Рудольфа Штайнера, который в работе «О загадке человека» (1916) писал, что «духовный аспект создания бионических форм является закономерным и самым естественным способом связан с попыткой осознать образ жизни и предназначение человека в природе. В соответствии с этим бионические конструкции следует рассматривать как “место”, где раскрывается сам смысл человеческого бытия»[13].

*Окончание статьи. Первую часть см.: Полигнозис. № 1-2. 2010.

[1] См.: *Ле Корбюзье Ш.Э.* Модулар. Опыт соразмерной масштабу человека, всеобщей гармонической системы мер, применяемой как в архитектуре, так и в механике. М., 1976.

© **Липов А.Н., 2010.**

[2] См.: *Дьяченко В.А.* Бионические основы дизайна. СПб., 2008. С. 44.

[3] По данным Интернет-ресурса. Режим доступа – <http://Бионика – news.ru>. Раздел «биодизайн».

[4] См.: *Андреанов А.П.* Нейрокомпьютер в биометрических системах. М., 2007; *Бурень В.М.* Биология и нанотехнологии. Материалы для современной и будущей бионики. Ростов-на-Дону. 2006; *Borchard A., Tuch C.* Herausforderung. Biocomputer oder zuruck der Natur. Olms, 2003.

[5] См. напр.: *Дьяченко В.А., Смирнов А.Б.* Биология нейрона и нейрокомпьютер // Бионические основы проектирования. СПб., 2008. С. 184–194; *Ромдиди Н.* Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. М., 2007; *Шапиро Д.И.* Виртуальная реальность и проблемы нейрокомпьютинга. М., 2008.

[6] По данным Интернет-ресурса. Режим доступа – <http://> Бионика – news.ru Дата доступа – 17.11.2009.

[7] По данным Интернет-ресурса. Режим доступа – <http://> washingtonpost.com. Дата доступа – 24.11.2009.

[8] По данным Интернет-ресурса. Режим доступа – <http://> Бионика – news.ru Дата доступа – 17.11.2009.

[9] См.: *Петухов С.В.* Исследование по неэвклидовой биомеханике // Биомеханические системы человек-машина. М., 1981. С. 35–80.

[10] Более подробно о реализации этой бионической функции в технике см.: *Жуковский Е.Г.* От дельфинов до технической гидролокации и радиолокации. Орел, 2008.

[11] См.: *Винер Н.* Творец и робот. М., 1986. С. 3.

[12] *Гете И.В.* Избранные произведения. М., 1959. С. 143.

[13] *Steiner R.* Vom Menschenratsel. Zurich, 1916. S. 74.