# ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И НОВЫЕ УГРОЗЫ

Движущей силой развития цивилизации являются глобальные (большие) вызовы. Эти вызовы определяют приоритеты научно-технологического развития, которые с точки зрения масштаба и глубины их влияния на социально-экономическое развитие делятся на две категории: тактические и стратегические. Тактические приоритеты определяют ближнесрочную перспективу, обеспечивая день сегодняшний. Стратегические приоритеты ориентированы на средне- и долгосрочную перспективу, обеспечивают создание принципиально новых прорывных технологий, приводят к смене технологического уклада. Важно соблюсти правильное соотношение между ними: в отсутствие тактических приоритетов будущее может не наступить, а отсутствие стратегических приоритетов лишает смысла решение тактических задач. В качестве примера можно привести ситуацию, сложившуюся в конце Великой Отечественной войны. Советский Союз выиграл войну, реализуя тактические приоритеты, но новый атомный вызов задал новый стратегический приоритет. Если бы этот приоритет не реализовался, Победа была бы полностью обесценена! Результатом реализации стратегического моноприоритета стал новый технологический облик страны как мировой сверхдержавы. Сегодняшняя ситуация совершенно аналогична. Отличие лишь в глубине и в масштабах последствий современных глобальных вызовов по сравнению с атомным. Глобальный вызов XXI века связан с необходимостью обеспечения устойчивого развития цивилизации. Базовым условием такого развития является достаточное количество энергии и ресурсов. Причем речь идет не только о нефти и газе: истощаются запасы питьевой воды, пахотных земель, леса, полезных ископаемых. За них уже идет острая борьба, во многом ставшая доминантой мировой политики. Важно подчеркнуть, что лидерство сегодня обеспечивается не прямой военной силой, а технологическим превосходством, подкрепляемым прямой военной силой. То есть военная колонизация сменилась технологической, и объектами такой колонизации могут быть не только государства третьего мира, но и развитые страны.

Мы построили комфортную для человека цивилизацию, техносферу, паразитируя на базе и ресурсах биосферы Земли, которая существовала миллионы лет до появления в ней человека абсолютно самодостаточно и гармонично. Индустриальная же цивилизация всего лишь за 200 лет своего существования поста- вила мир на порог ресурсного коллапса. Приведем лишь один пример: за антро- погенную историю было израсходовано примерно 200 млрд тонн кислорода. Такое же количество кислорода было израсходовано за последние 50 лет инду- стриальной эры. Причиной сложившейся кризисной ситуации является антагонизм природы и соз- данной человеком техносферы. Технический прогресс нарушил естественный ресурсооборот — своеобразный обмен веществ природы, создав технологии, враждебные ей. Эти технологии, будучи вырванными из естественного природно- го контекста, по сути являются плохими копиями отдельных элементов природных процессов и базируются на узкоспециализированной модели науки и на отрасле- вых технологиях. В целом такое развитие было неизбежно и закономерно, но в итоге масштабы влияния человека на окружающий мир перешли критическую границу. При этом в условиях глобализации в технологическое развитие, а следовательно, и в истре- бление ресурсов, вовлекаются все новые страны и регионы, подводя мир на грань катастрофы. Есть ли в этих условиях у нашей цивилизации шансы на дальнейшее развитие, на будущее? Все чаще звучит мысль о том, что сегодняшний глобальный кризис не может быть разрешен по прежним фундаментальным лекалам нашей цивилизации, в суще- ствующей парадигме ее развития. Нужен качественный скачок, переход на иные принципы прежде всего производства и потребления энергии, которые изменят облик всей техносферы. Современные технологии требуют колоссального количества энергии, которое существующая альтернативная энергетика не способна выработать в принципе. Выйти из этого технологического тупика поможет наука, которая уже сегодня дает

возможность создавать принципиально новые технологии генерации и потребления энергии по образцу живой природы — природоподобные технологии. Смысл создания природоподобной техносферы состоит в восстановлении естественного самосогласованного ресурсооборота, нарушенного сегодняшними технологиями, вырванными из естественного природного контекста. Инструмент создания такой техносферы — конвергентные нано-, био-, информационные, когнитивные и социогуманитарные технологии (НБИКС-технологии).

Самое совершенное творение природы — человеческий мозг — потребляет не более 30 Ватт, а современная суперЭВМ — десятки мегаватт. При этом эффективность всех компьютеров мира не достигает эффективности мозга среднестатистического человека. Выход из положения — создание компьютеров, работающих на принципах человеческого мозга. Таким образом, стратегическая цель современной цивилизации — включить технологии в естественный природный ресурсооборот на базе развития интегрированной междисциплинарной науки.

Интеграция и междисциплинарность в наше время являются определяющей тенденцией развития научной сферы, и в этом смысле природоподобные технологии — закономерный этап естественного развития науки и технологий: через междисциплинарность к конвергенции и природоподобию. Сегодня большая часть всех мировых исследований приходится на живые объекты. Нанобиотехнологии, по сути, уже стали новой технологической культурой, где на атомарном уровне стираются грани между живым и неживым, между органическим природным миром и неорганикой. Созданные на основе этих технологий новые материалы и системы уже используются в медицине, энергетике, экологии, на транспорте и т. д.

Следующий этап — воспроизведение систем и процессов живой природы в виде синтетической клетки, массового создания искусственных тканей и органов. Аддитивные технологии уже сейчас позволяют создавать биоорганические объекты, используя природный принцип формирования, выращивая их под заказ. Наряду с аддитивными технологиями активно развивается биоэнергетика, в частности разрабатываются биоэнергетические устройства, которые вырабатывают и потребляют энергию, используя естественные метаболические процессы в живых системах. Следующим шагом может стать создание искусственного интеллекта для биоподобных и синтетических биологических объектов на основе достижений когнитивных и информационных технологий. Все это постепенно сформирует базу для природоподобной техносферы, которая станет органической частью природы, включенной в ее естественный ресурсоо- борот. Она способна не только сохранить цивилизацию, но и дать толчок к ее раз- витию на принципиально ином уровне.

Однако есть принципиальное условие: без изменения нашего сознания, отношения к цивилизации, природе и к самому себе эти перспективы могут остаться ничем. Это придает особое значение социогума- нитарному измерению конвергенции наук и технологий. Исследования и разработки по созданию природоподобных технологий активно ведутся в ряде зарубежных стран. В частности в США, в странах Европейского союза, в Японии и в других реализуются сотни проектов в этой области. Первым ответом нашей страны на стратегический вызов XXI века стала президентская инициатива «Стратегия развития наноиндустрии», два этапа которой были успешно реализованы в 2007–2015 гг.

В качестве задачи третьего этапа, начавшегося в 2016 г., указано «опережающее развитие принципиально новых направлений… обеспечивающих создание в стране надотраслевой научно-образовательной и производственной среды в перспективе на ближайшие 10–20 лет… Главным содержанием этого этапа станут разработка и создание:

• продукции нанобиотехнологий;

• гибридных устройств и приборов бионического типа;

• нанобиосистем и устройств, включая принципиально новые гибридные системы очувствления бионического типа;
• биороботехнических систем.
Реализация задачи третьего этапа приведет к созданию принципиально нового технологического базиса экономики в Российской Федерации».
Таким образом, главный вектор, задающий направление научно-технологического развития, определен. В ходе реализации первых двух этапов президентской инициативы «Стратегия развития наноиндустрии» была заложена идеологическая (интеллектуальная), кадровая и инфраструктурная база для развития природоподобных, конвергентных НБИКС-технологий. В частности создан уникальный, не имеющий прямых аналогов в мире центр конвергентных наук и технологий — Курчатовский НБИКС-центр. В этом центре на мировом уровне проводятся исследования и разработки по всему спектру конвергентных наук и технологий.
Сформирована инновационная научно-образовательная система междисциплинарной подготовки кадров, включающая первый в мире факультет нано-, био-, инфо-, когнитивных технологий (ФНБИК) в Национальном исследовательском университете МФТИ. В соответствии с поручением Президента Российской Федерации разработан проект президентской инициативы «Стратегия развития конвергентных технологий», которая определяет базовые элементы и принципы формирования такой системы. Однако природоподобные технологии, давая человечеству шанс избежать ресурсного коллапса, определяют вместе с тем принципиально новые глобальные угрозы и вызовы. Эти угрозы связаны с самим характером природоподобных технологий, построенных на возможности технологического воспроизведения систем и процессов живой природы. Эта возможность открывает перспективу целенаправленного вмешательства в жизнедеятельность природных объектов, прежде всего человека и, впервые в истории, в процесс его эволюции. Такое вмешательство по используемой технологической базе и методам воздействия можно разделить на два важнейших типа:
• биогенетическое, базирующееся на применении методов нанобиотехнологий;
• когнитивное, основанное на конвергенции инфокогнитивных и социогуманитарных наук.
Первый уже сегодня реализуется в технологиях так называемой синтетической биологии, позволяющих продуцировать искусственные живые системы с заданными свойствами, в том числе не существующие в природе. Базовым элементом таких систем является искусственная клетка, обладающая минимально необходимым набором генов, достаточным для жизни и размножения. На основе такой клетки могут быть созданы как сверхэффективные лекарства, так и средства поражения. Показательным примером новых угроз, связанных с созданием искусственных живых систем, является возможность появления новых видов наркотических средств. Так, непригодный для получения морфина природный прицветнико- вый мак может быть превращен в его продуцент и использован для получения наркотиков. Второй тип вмешательства связан с воздействием на психофизиологическую сферу человека с целью контроля и управления его сознанием и телом. Актив- но разрабатываются принципиально новые мозго-машинные и мозго-мозговые интерфейсы, позволяющие формировать у человека заданное представление о действительности. В повестке дня — создание интегрированных человеко-машинных систем, управляемых извне. Существующая уже сегодня сетевая технологическая база (интернет) позволяет достаточно эффективно управлять как индивидуальным, так и массовым сознанием, используя интегрированные технологии инфокогнитивных и социогуманитарных наук. Риски, сопровождающие создание и развитие природоподобных технологий, многократно увеличиваются в силу ряда специфических особенностей, присущих последним. Важнейшими из них являются:

• двойственный характер технологий, размытые границы между гражданскими и военными применениями и, как следствие, неэффективность существующих средств и технологий контроля;
• доступность и относительная дешевизна технологий, возможность создания средств поражения даже в кустарных условиях, отсутствие необходимости в сложнейших и чрезвычайно дорогостоящих системах доставки;
• невозможность предугадать все последствия выхода искусственных живых систем в окружающую среду.
Ярким примером непредсказуемости последствий выхода искусственных живых систем в окружающую среду является вытеснение ими своих природных анало- гов, что ставит под угрозу естественное биоразнообразие. В частности в Индии, в США и в Канаде зафиксированы случаи передачи от генно-модифицированных растений к дикорастущим видам устойчивости к гербицидам, что превратило их в суперсорняки. Традиционно человечество следовало модели контроля результата технологической деятельности — достаточно вспомнить режимы нераспространения ядерного, химического и бактериологического оружия. В случае с конвергентными, природоподобными технологиями контроль необходим уже на этапе развития этой новой технологической структуры, поскольку контроль результата может оказать несвоевременным — запоздать. В этих условиях возникает угроза глобальной безопасности, связанная с возможностью одностороннего владения технологиями указанного класса и их использования, в том числе экстремистскими группировками. Это требует консолидации усилий мирового сообщества для формирования новой международной системы, которая бы обеспечила безопасное контролируемое развитие природоподобных (конвергентных) технологий. Эта система должна базироваться на новом принципе: контроль над технологиями, а не над вооружениями!
Именно об этом говорил Президент Российской Федерации В. В. Путин в своем выступлении на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 28 сентября 2015 г.: «…Нам нужны качественно иные подходы. Речь должна идти о внедрении принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволят восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. Это действительно вызов планетарного масштаба… Нам необходимо объединить усилия и прежде всего тех государств, которые рас- полагают мощной исследовательской базой, заделами фундаментальной науки. Предлагаем созвать под эгидой ООН специальный форум, на котором комплексно посмотреть на проблемы, связанные с исчерпанием природных ресурсов, разрушением среды обитания, изменением климата…»
1.Президентская инициатива «Стратегия развития наноиндустрии». 24 апреля 2007 г. Сайт Российская национальная нанотехнологическая сеть http://www.rusnanonet.ru/download/nano/20070424_ strategy_688.pdf (дата последнего посещения — 29.12.2017).
2 Выступление Президента России Владимира Путина на пленарном заседании 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 28 сентября 2015 г. Сайт президента России http://kremlin.ru/ events/president/news/50385 (дата последнего посещения — 29.12.2017)

## Проблема 1.

В настоящее время одной из серьёзных проблем эксплуатации изделий из железа является их коррозия. Особенно сложно бороться с этим явлением в труднодоступных местах. Например, сложно удалить коррозию железа под водой на сваях или железных пристанях или внутри железных труб или

полых предметов. Используя природоподобные технологии, придумайте способ удаления коррозии железа в труднодоступных местах.

**Проблема 2.**

Одной из серьезных проблем в современном мире являются проблемы людей с ограниченными возможностями. Используя природоподобные технологии, придумайте систему оповещения о препятствии на основе датчиков электромагнитного поля, сенсорных датчиков или инфракрасных датчиков, которые позволяли бы безопасно передвигаться слабовидящему человеку, слабослышащему человеку, или человеку в инвалидной коляске.

**Проблема 3.**

Как вы знаете, гуси и утки легко передвигаются по снегу, несмотря на то, что лапы не имеют оперения. Теплоизоляция лап – одно из уникальных природных изобретений. Используя технологию обогрева лап, придумайте устройство или прибор, который мы могли бы использовать в быту.

**Проблема 4.**

Пчёлы строят свои соты особым образом. При этом строительстве используется минимум материала, но при этом строение очень прочные. Придумайте модель хранилища, основанного на этом принципе.

**Приложение.**

*Птица – действующий по математическом закону*
*инструмент, сделать который в человеческой власти*
*со всеми его движениями…*
*Леонардо да*
*Винчи.*

С незапамятных времён мысль человека искала ответ на вопрос: может ли человек достичь того же, чего достигла живая природа? Сможет ли он, например, летать, как птица, или плавать под водой, как рыба? Сначала человек мог только мечтать об этом, но вскоре изобретатели начали применять особенности организации живых организмов в своих конструкциях.

Ещё крупнейший греческий философ материалист Демокрит (около 460-370гг.до н.э.) писал:

*«От животных мы путем подражания научились важнейшим делам. Мы ученики паука в ткацком и портняжных ремеслах, ученики ласточки в построении жилищ ...»*

Характерной чертой современной науки является интенсивное взаимопроникновение идей, теоретических подходов и методов, присущих разным дисциплинам. Особенно это относится к физике, химии, биологии и математике. Так, физические методы исследования широко используются при изучении живой природы, а своеобразие этого объекта вызывает к жизни новые, более совершенные методы физических исследований.

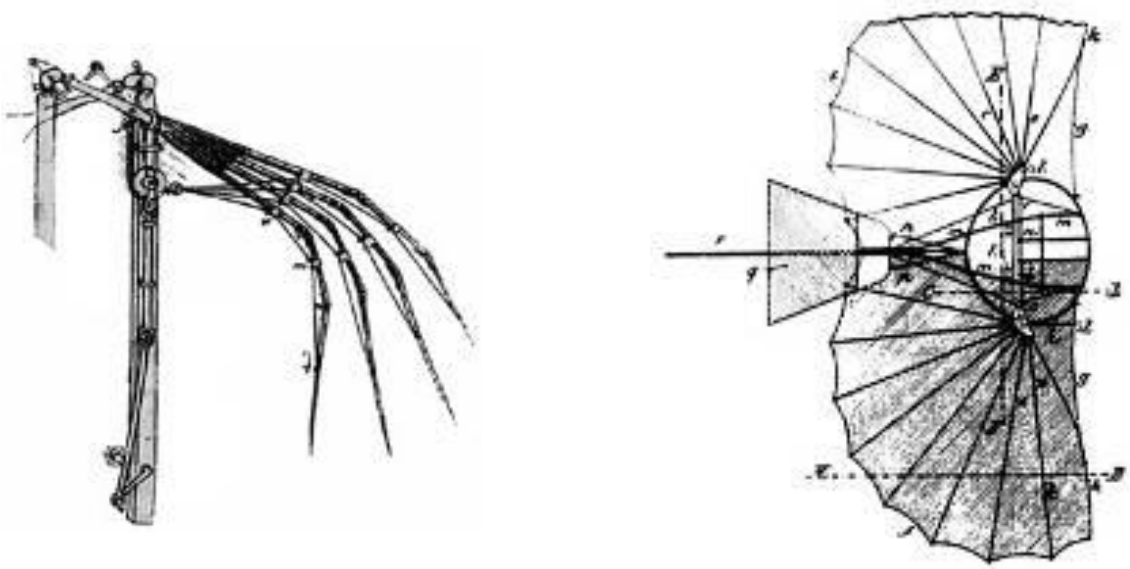
К примеру:

- Все знают, что стрекоза способна зависать в воздухе, передвигаться в боковом направлении или резко подаваться назад. Причем все маневры она проделывает на большой скорости. Однако мало кому известно, что подъемная сила стрекозы втрое больше, чем у современного самолета. Используя особенности аэродинамики стрекозы, ученые полагают, что можно значительно повысить эффективность и безопасность летательных аппаратов. Самолеты, разработанные с учетом способностей стрекоз, смогут совершать более крутые развороты и будут менее восприимчивы к порывам ветра, которые, к сожалению, еще бывают причиной аварий.
- Гремучая змея улавливает разницу в температуре, равную тысячной доле градуса?
- ...Некоторые рыбы ощущают стомиллиардную долю пахучего вещества в одном литре воды? Это все равно, что уловить присутствие 30 г такого вещества в целом Аральском море.
- ...Крысы ощущают радиацию?
- ...Отдельные виды микробов реагируют даже на слабое изменение радиации?
- …Обыкновенный черный таракан радиацию видит?
- …Комар развивает при укусе удельное давление до I миллиарда кг/см2? Сравнение с 16-килограммовой гирей, имеющей основание 4 см2 и дающей удельное давление всего 4 кг/см2, показывает, как велика “комариная сила”.

- …Глубоководные рыбы улавливают изменение плотности тока менее чем на одну стомиллиардную часть ампера?
- …Нильская рыба мормирус с помощью электромагнитных колебаний “прощупывает” свой путь в воде?

Не правда ли, удивительный перечень? И его можно еще и еще продолжить не менее удивительными примерами. Узнав все это, мог ли человек пройти мимо заманчивой идеи — создать своими руками то, что уже создала природа?

Прародителем бионики считается Леонардо да Винчи. Его чертежи и схема летательных аппаратов были основаны на строении крыла птиц



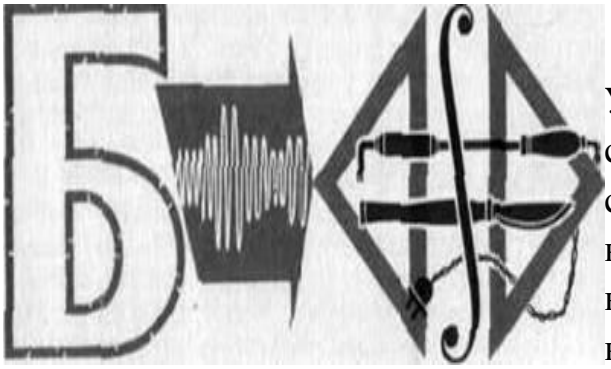
*Чертежи Леонардо да Винчи..*

В наше время, по чертежам Леонардо да Винчи неоднократно осуществлялось моделирование орнитоптера.

В 1960 году в Дайтоне (США) состоялся первый симпозиум по бионике, который официально закрепил рождение новой науки и название, предложенное американским инженером Джеком Стилом.

**Бионика** (от греческого слова «bion» -элемент жизни, буквально- живущий), наука пограничная между биологией и техникой, решающая инженерные задачи на основе моделирования структуры и жизнедеятельности организмов.

Девиз бионики: ***« Живые прототипы – ключ к новой технике»***



У ***бионики*** есть символ: скрещенные скальпель, паяльник и знак интеграла. Этот союз биолога, техника и математика позволяет надеяться, что наука ***бионика*** проникает туда, куда не проникал еще никто, и увидеть то, что не видел еще никто. [1]

**Архитектурная бионика.**

Живая природа перестает быть загадочным феноменом. Одно из основных обобщений современной биологии состоит в том, что все явления жизни подчиняются законам физики и химии и могут быть объяснены с помощью этих законов на самых различных уровнях: молекулярном, при образовании кристаллов, формировании механических (конструктивных) тканей и опорных скелетов, общей системы форм и экологических связей. Живая природа и архитектура развиваются в одних и тех же биофизических условиях земной и космической сферы и подчиняются законам гравитации, инерции, термодинамики. Их формы обусловливаются сходным действием температурновлажностных факторов, режимом инсоляции, цикличностью метеорологических явлений и т.д. Строительная деятельность живых организмов так же, как и в архитектуре, связана с созданием строительных материалов и определенным порядком (технологией) производства работ.

Архитектура, ставшая в процессе своего развития большим общественным явлением, нацелена вместе с тем на удовлетворение не только общественных, но и биологических потребностей человека. И здесь через изучение

[1] Мартека В., Бионика, пер. с англ., М., 1967.

биологической организации человека архитектура получает особые импульсы формообразования, значение которых повышается в условиях научно-технической революции, роста требований к экономии общественной энергии и интенсификации человеческого труда. [1]

Опытом мировой архитектуры последних трех десятилетий подтверждается, что архитектурная бионика способна решать самые разнообразные вопросы архитектуры как в их раздельной интерпретации, так и в комплексе . Сюда относятся: уточнение обще теоретических вопросов архитектуры, касающихся принципиальных сторон ее развития; совершенствование теории систем; дальнейшие направления дифференциации функциональной структуры архитектурных форм и архитектурного пространства; углубление композиционных приемов — тектоники, пропорций, равновесности, симметрии, ритмов, света, цвета и т.д.; решение проблемы создания благоприятного микроклимата *в* зданиях и в других архитектурных образованиях; рационализация существующих конструкций и внедрение новых конструктивных форм; развитие индустриализации производства на основе унификации, стандартизации и сборности архитектурно-конструктивных элементов; создание строительных материалов с новыми эффективными комплексными конструктивными и теплоизолирующими свойствами; дальнейшая разработка технологии производства конструкций и организации производства возвещения зданий; совершенствование методики экспериментально го конструирования на физических моделях и др.

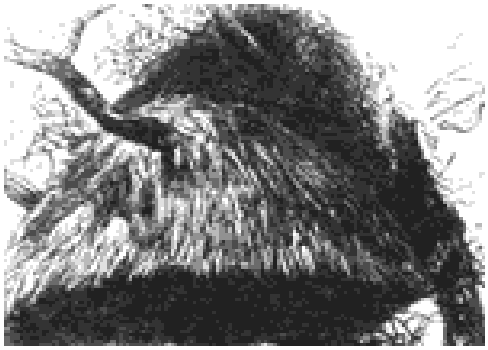
Таким образом, результаты исследований, проводимых в области архитектурной бионики, оказываются полезными при решении проблем социального и эстетического совершенствования архитектуры в самых ее различных типологических отраслях: в жилых комплексах, в общественных и промышленных зданиях и сооружениях, в градостроительстве. Конечно, все это не означает, что она *в* состоянии решить все эти вопросы до конца. Нет, она не подменяет и не исключает существующие методы и лишь готова помочь их дальнейшему прогрессу. Вместе с тем в отдельных областях она может оказать революционизирующее воздействие. Архитектурная бионика, следовательно, приобретает большое значение в дальнейшем развитии не толь ко практики, но и архитектурной науки.

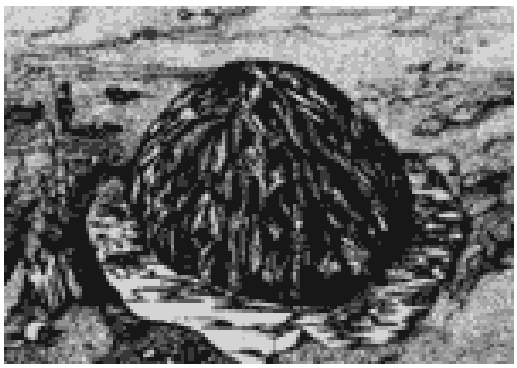
Интересно проследить, как складывались исторические предпосылки формировании теории и практики архитектурной бионики, подтверждающие

[1] Тайны бионики. И.И.Гармаш, Киев, 1985. 25.

ее правомерность, неизбежность развития и одновременно проливающие свет на становление тех ее направлений, которые получили развитие в наше время.

На всем протяжении истории человек в своей архитектурно-строительной деятельности сознательно или интуитивно обращался к живой природе, которая помогала ему решать самые различные проблемы.

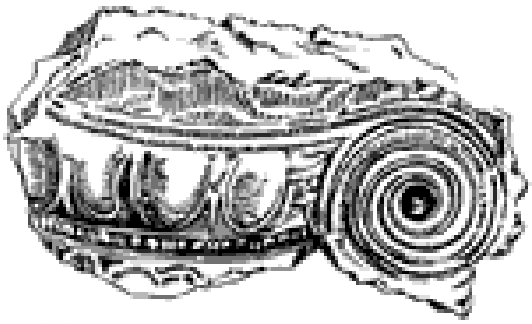


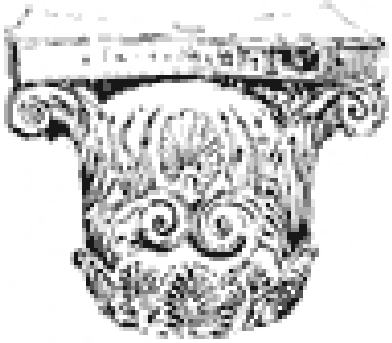


Хижина южноамериканских индейцев и термитник ; гнездо птицы ткач; глинобитный дом африканца

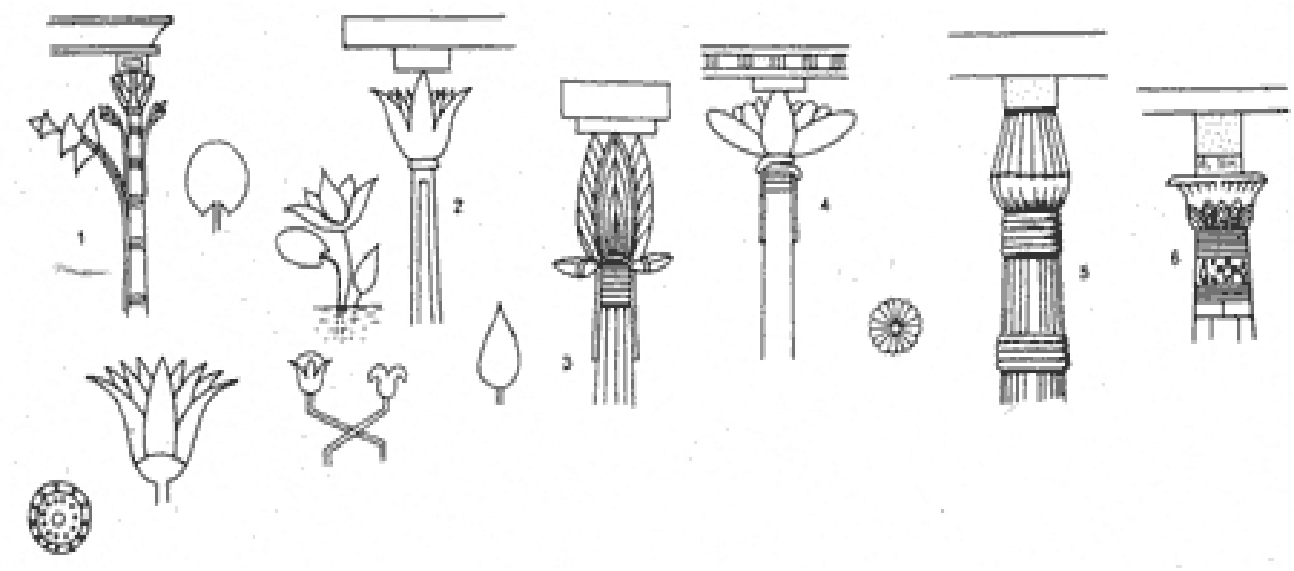
Конечно, не с подражания начал человек. Вероятнее всего, можно говорить об органически присущих ему формах трудовой строительной деятельности. Чело век, как известно, постепенно развивался от древнейших приматов млекопитающих к состоянию «гомо сапиенс». Но, по-видимому, постепенное удаление человека во времени от своих животных предков, самостоятельное развитие человеческой ветви, формирование деятельности по принципу «я сам» сгладили органическую непосредственность животного происхождения и перевели ее на уровень более или менее осмысленного подражания живой природе, строительной деятельности живых организмов. [1]

[1] http://serii.org/forum/showthread.php?t=1725





Оформление капителей колонн храмов Древнего Египта по аналогии с формами цветов лотоса и папируса: от акцентирования внимания на декоративной стороне *(1—4)* до тектонического освоения *(5—6)*

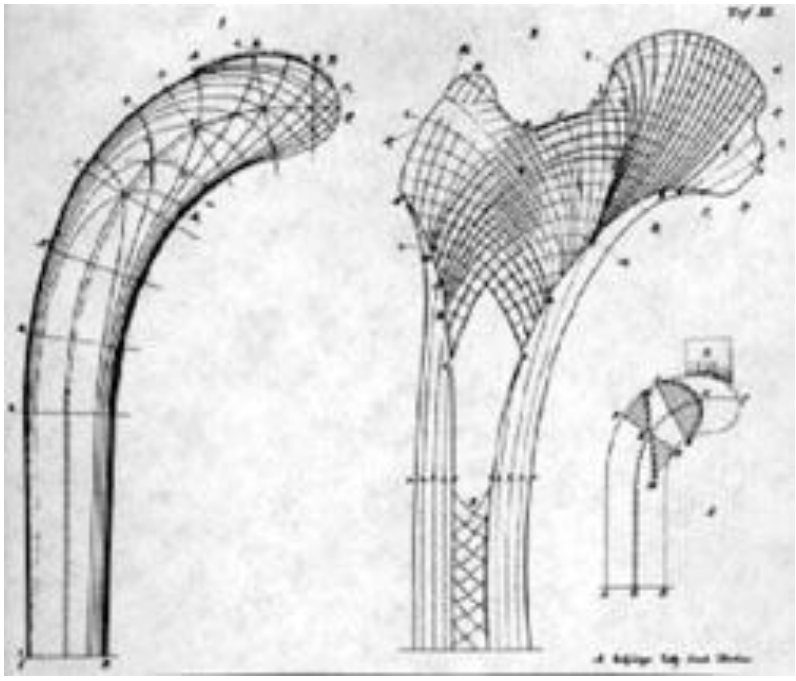


Японская народная архитектура. Разрез здания, напоминающего ель

Образное представление пространства живой природы в интерьере готического собора: собор в Амьене (Франция) и аллея в лесу (фото Ю. Лебедева)

Единство форм архитектуры и окружающей природы. Саввино-Сторожевский монастырь вблизи Звенигорода под Москвой (ХУ—ХУМ вв.) (фото Ю. Лебедева)

Радиотелевизионная башня в Москве, 1922 г . Инж. В.Г. Шухов. Общий вид и вид изнутри (фото Л.В. Кучинского)



Специалисты по бионике рассуждают таким образом. Когда они сталкиваются с некоей инженерной или дизайнерской проблемой, они ищут решение в «научной базе» неограниченного размера, которая принадлежит животным и растениям.

Примерно так же поступил Густав Эйфель, который в 1889 году построил чертеж Эйфелевой башни. Это сооружение считается одним из самых ранних очевидных примеров использования бионики в инженерии.

Конструкция Эйфелевой башни основана на научной работе швейцарского профессора анатомии Хермана фон Мейера (Hermann Von Meyer). За 40 лет до сооружения парижского инженерного чуда профессор исследовал костную структуру головки бедренной кости в том месте, где она изгибается и под углом входит в сустав. И при этом кость почему-то не ломается под тяжестью тела.

Фон Мейер обнаружил, что головка кости покрыта изощренной сетью миниатюрных косточек, благодаря которым нагрузка удивительным образом перераспределяется по

кости. Эта сеть имела строгую геометрическую структуру, которую профессор задокументировал.

В 1866 году швейцарский инженер Карл Кульман (Carl Cullman) подвел теоретическую базу под открытие фон Мейера, а спустя 20 лет природное распределение нагрузки с помощью кривых суппортов было использовано Эйфелем.[1]

Яркий пример архитектурно-строительной бионики — полная аналогия строения стеблей злаков и современных высотных сооружений. Стебли злаковых растений способны выдерживать большие нагрузки и при этом не ломаться под тяжестью соцветия. Если ветер пригибает их к земле, они быстро восстанавливают вертикальное положение. В чем же секрет? Оказывается, их строение сходно с конструкцией современных высотных фабричных труб — одним из последних достижений инженерной мысли. Обе конструкции полые. Склеренхимные тяжи стебля растения играют роль продольной арматуры. Междоузлия стеблей — кольца жесткости. Вдоль стенок стебля находятся овальные вертикальные пустоты. Стенки трубы имеют такое же конструктивное решение. Роль спиральной арматуры, размещенной у внешней стороны трубы в стебле злаковых растений, выполняет тонкая кожица. Однако к своему конструктивному решению инженеры пришли самостоятельно, не 'заглядывая' в природу. Идентичность строения была выявлена позже.

[1] Бионика в школе. Ц.Н.Феодосиевич, Г.И. Иванович, Киев, 1990.

Этот процесс использования законов формообразования живой природы менял свой характер и границы в зависимости от объективных и субъективных факторов.

Можно выделить три хронологических этапа, предшествующих современному и соответствующих изменениям по существу этого процесса.

Первый этап — наиболее древний, уходящий в глубь истории можно считать этапом стихийного использования конструктивных и функционально-пространственных средств живой природы и результатов «строительной» деятельности животных, птиц и насекомых в создании убежищ-гнезд, шалашей , дольменов или «общественных сооружений», каковыми могли быть менгиры, кромлехи и т.д. Насколько здесь заимствованные из природы формы осмысливались эстетически, трудно сказать. Несомненно, лишь одно: они были, прежде всего, функциональными (на своем уровне и в своем роде). Вместе с функцией в искусственные сооружения механически привносилась и природная форма, поэтому многие древние человеческие сооружения — гнезда, шалаши и т.п. — часто трудно отличить от построек каких-либо животных или насекомых, например термитов .

Второй этап — от начала формирования архитектуры как искусства и примерно до середины XIX в. Несмотря на большую протяженность этого периода по времени, все его возможные промежуточные ступени объеди - нены одной основой — принципом подражания природе. Это означало главным образом использование форм природы с изобразительно-декоративными целя ми и копирование внешних форм природы. Примером могут служить колонны египетских храмов в Луксоре и Карнаке; коринфские и ионические капители колонн греческих храмов; палаццо Ренессанса и дворцы классицизма; образно-художественные приемы формообразования в

русских храмах; капители колонн и весь их строй как подражание мотиву леса в готических соборах; народная японская архитектура и т.д.

Говоря об этом периоде, нельзя отрицать также и интерпретацию некоторых конструктивно-тектонических принципов живой природы. Например, тектоника колонн с периодичностью ее диаметров по высоте интерпретирует тектонику ствола дерева; каннелюры колонн подобны встречающимся каннелированным стеблям растений, придающим им дополнительную прочность. Логика перехода одной формы в другую в конструктивных узлах ордеров греческих храмов повторяет, по существу, принципы изменения форм по вертикали стебля растения, ствола дерева, скелетов животных; нервюры покрытий готических храмов выполняют ту же конструктивную функцию, что и нерватура (прожилки) зеленого листа дерева и т.д.

Природная тектоника в архитектурных формах присутствует не всегда стихийно, доказательством чему служат высказывания Витрувия, Альберти, Пал-ладио и др. Но высказываемые мысли, касающиеся конструктивных решений, в большинстве своем из- за ограниченности технических возможностей не могли быть претворены в жизнь. Проще было сделать из камня или глины форму, подобную природной, с художественными целями, чем создать конструктивную систему, подобную природной.

Третий этап — конец XIX — начало XX в., нашедший свое выражение в архитектуре «модерн» . На этом этапе природные принципы одновременно, хотя и в разной степени, проявились в функционально-структурных, конструктивных и декоративных решениях.

Большое влияние на использование средств природы на этом этапе оказали бурное развитие биологии и небывалые успехи строительной техники (например, изобретение железобетона и начало интенсивного применения металлических конструкций, керамики и т.д.).

Именно в архитектуре модерн , как показали последние исследования русского модерна, получило начало функционально-структурное развитие архитектурных форм по принципу приспособляемости к функционально усложняющимся задачам архитектуры и окружающей среды. Именно модерн открыл путь к самым различным интерпретациям архитектурных форм, не связанным какой-либо установившейся жесткой системой, подобной классической. Здесь также вольно или невольно воплотился природный принцип многообразия форм при их «стилевом» единстве. Именно в модерне

нашли свое применение новые пространственные конструкции, напоминающие природные. И наконец, использование биоформ с деко - ративными целями.

Достижения биологии XIX —начала XX в., комплексные, системные принципы развития живой природы нашли отражение и в такой широкой области деятельности, как градостроительство. Подразумевается попытка практического претворения в жизнь теории «города-сада» Э. Говарда в Англии, Германии/ России и т.д. Рост индустриальных городов заставил задуматься над проблемой экономии городских территорий, планомерного их формирования, поисков мер, предотвращающих хаос, над решением вопросов, транспорта, размещения общественных центров и т.д. И здесь также не обошлось без попыток обращения к живой природе. В конце XIX — начале XX в. было сделано много подобных предложений: Т. Фрич— город, развивающийся подобно раковине моллюска по спирали, 1896 г .; проекты Сант Элиа, Э. Гледена и др. [1]

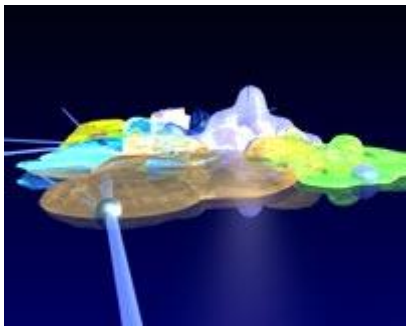
Известные испанские архитекторы М.Р. Сервера и Х. Плоз, активные приверженцы бионики, с 1985 г. начали исследования 'динамических структур', а в 1991 г. организовали 'Общество поддержки инноваций в архитектуре'. Группа под их руководством, в состав которой вошли архитекторы, инженеры, дизайнеры, биологи и психологи, разработала проект 'Вертикальный бионический город-башня'. Через 15 лет в Шанхае должен появиться город-башня (по прогнозам ученых, через 20 лет численность Шанхая может достигнуть 30 млн человек). Город-башня рассчитан на 100 тысяч человек, в основу проекта положен 'принцип конструкции дерева'.

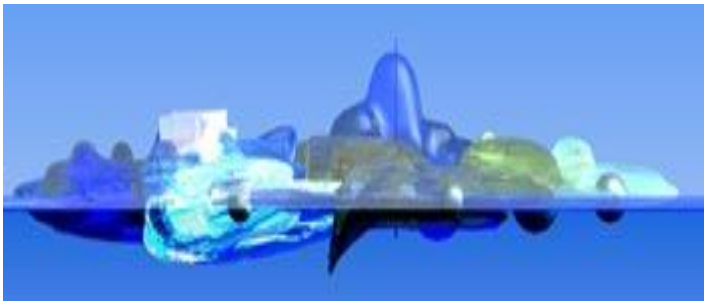
Башня-город будет иметь форму кипариса высотой 1128 м с обхватом у основания 133 на 100 м, а в самой широкой точке 166 на 133 м. В башне будет 300 этажей, и расположены они будут в 12 вертикальных кварталах по 80 этажей. Между кварталами — перекрытия-стяжки, которые играют роль несущей конструкции для каждого уровня-квартала. Внутри кварталов — разновысокие дома с вертикальными садами. Эта тщательно продуманная конструкция аналогична строению ветвей и всей кроны кипариса. Стоять башня будет на свайном фундаменте по принципу гармошки, который не заглубляется, а развивается во все стороны по мере набора высоты —

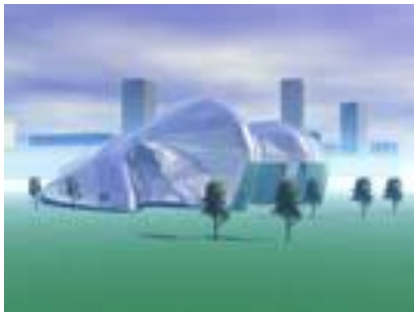
[1] http://www.bestreferat.rureferat-42944.html

аналогично тому, как развивается корневая система дерева. Ветровые колебания верхних этажей сведены к минимуму: воздух легко проходит сквозь конструкцию башни. Для облицовки башни будет использован специальный пластичный материал, имитирующий пористую поверхность кожи. Если строительство пройдет успешно, планируется построить еще несколько таких зданий-городов.

По замыслу авторов город будущего сможет располагаться не только на поверхности материка, но и на воде, смогут быть задействованы огромные площади мирового океана.







**Нейробионика.**

Основными направлениями нейробионики являются изучение нервной системы человека и животных и моделирование нервных клеток-нейронов и нейронных сетей. Это дает возможность совершенствовать и развивать электронную и вычислительную технику.

Нервная система живых организмов имеет ряд преимуществ перед самыми современными аналогами, изобретенными человеком:

1) Весьма совершенное и гибкое восприятие внешней информации вне зависимости от формы, в которой она поступает (например, от почерка, шрифта, цвета текста, чертежей, тембра и других особенностей голоса и т.п.).

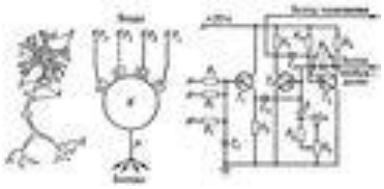
2) Высокая надёжность, значительно превышающая надёжность технических систем (последние выходят из строя при обрыве в цепи одной или нескольких деталей; при гибели же миллионов нервных клеток из миллиардов, составляющих головной мозг, работоспособность системы сохраняется).

3) Миниатюрность элементов нервной системы: при количестве элементов $10^{10}$—$10^{11}$ объём мозга человека 1,5 *дм*$^3$. Транзисторное устройство с таким же числом элементов заняло бы объём в несколько сот, а то и тысяч *м*$^3$.

4) Экономичность работы: потребление энергии мозгом человека не превышает нескольких десятков *вт.*

5) Высокая степень самоорганизации нервной системы, быстрое приспособление к новым ситуациям, к изменению программ деятельности.[1]

Попытки моделирования нервной системы человека и животных были начаты с построения аналогов нейронов и их сетей. Разработаны различные типы искусственных нейронов . Созданы искусственные «нервные сети», способные к самоорганизации, т. е. возвращающиеся в устойчивые состояния при выводе их из равновесия. Изучение *памяти* и других свойств нервной системы — основной путь создания «думающих» машин



[1] Живые приборы. Ю.Г.Симвков, М., 1986.

для автоматизации сложных процессов производства и управления. Изучение механизмов, обеспечивающих надёжность нервной системы, очень важно для техники, т.к. решение этой первоочередной технической проблемы даст ключ к обеспечению надёжности ряда технических систем (например, оборудования самолёта, содержащего $10^5$ электронных элементов).

Исследования анализаторных систем. Каждый *анализатор* животных и человека, воспринимающий различные раздражения (световые, звуковые и др.), состоит из рецептора (или органа чувств), проводящих путей и мозгового центра. Это очень сложные и чувствительные образования, не имеющие себе равных среди технических устройств. Миниатюрные и надёжные датчики, не уступающие по чувствительности, например, глазу, который реагирует на единичные кванты света, термочувствительному органу гремучей змеи, различающему изменения температуры в 0,001°С, или электрическому органу рыб, воспринимающему потенциалы в доли микровольта, могли бы существенно ускорить ход технического прогресса и научных исследований.

Через наиболее важный анализатор — зрительный — в мозг человека поступает большая часть информации. С инженерной точки зрения интересны следующие особенности зрительного анализатора: широкий диапазон чувствительности — от единичных квантов до интенсивных световых потоков; изменение ясности видения от центра к периферии; непрерывное слежение за движущимися объектами; адаптация к статичному изображению (для рассматривания неподвижного объекта глаз совершает мелкие колебательные движения с частотой 1—150 *гц*). Для технических целей представляет интерес разработка искусственной сетчатки. (Сетчатка — очень сложное образование; например, глаз человека имеет $10^8$ фоторецепторов, которые связаны с мозгом при помощи $10^6$ ганглиозных клеток.) Один из вариантов искусственной сетчатки (аналогичной сетчатке глаза лягушки) состоит из 3 слоев: первый включает 1800 фоторецепторных ячеек, второй — «нейроны», воспринимающие положительные и тормозные сигналы от фоторецепторов и определяющие контрастность изображения; в третьем слое имеется 650 «клеток» пяти разных типов. Эти исследования дают возможность создать следящие устройства автоматического распознавания. Изучение ощущения глубины пространства при видении одним глазом (монокулярном зрении) дало возможность создать определитель глубины пространства для анализа аэрофотоснимков.

Ведутся работы по имитации слухового анализатора человека и животных. Этот анализатор тоже очень чувствителен — люди с острым слухом воспринимают звук при колебании давления в слуховом проходе около 10 *мкн/м*$^2$ (0,0001 *дин/см*$^2$). Технически интересно также изучение механизма передачи информации от уха к слуховой области мозга. Изучают органы обоняния животных с целью создания «искусственного носа» — электронного прибора для анализа малых концентраций пахучих веществ в воздухе или воде [некоторые рыбы чувствуют концентрацию вещества в несколько *мг/м*$^3$ (*мкг/л*)]. Многие организмы имеют такие анализаторные системы, каких нет у человека. Так, например, у кузнечика на 12-м членике усиков есть бугорок, воспринимающий инфракрасное излучение, у акул и скатов есть каналы на голове и в передней части туловища, воспринимающие изменения температуры на 0,1°С. Чувствительностью к радиоактивным излучениям обладают улитки и муравьи. Рыбы, по-видимому, воспринимают блуждающие токи, обусловленные электризацией воздуха (об этом свидетельствует уход рыб на глубину перед грозой). Комары двигаются по замкнутым маршрутам в пределах искусственного магнитного поля. Некоторые животные хорошо чувствуют инфра- и ультразвуковые колебания. Некоторые медузы реагируют на инфразвуковые колебания, возникающие перед штормом. Летучие мыши испускают ультразвуковые колебания в диапазоне 45—90 *кгц*, мотыльки же, которыми они питаются, имеют органы, чувствительные к этим волнам. Совы также имеют «приёмник ультразвука» для обнаружения летучих мышей.

Перспективно, вероятно, устройство не только технических аналогов органов чувств животных, но и технических систем с биологически чувствительными элементами (например, глаза пчелы — для обнаружения ультрафиолетовых и глаза таракана — для обнаружения инфракрасных лучей).

Большое значение в техническом конструировании имеют т. н. *персептроны* — «самообучающиеся» системы, выполняющие логические функции опознавания и классификации. Они соответствуют мозговым центрам, где происходит переработка принятой информации. Большинство исследований посвящено опознаванию зрительных, звуковых или иных образов, т. е. формированию сигнала или кода, однозначно соответствующего объекту. Опознавание должно осуществляться независимо от изменений изображения (например, его яркости, цвета и т.п.) при сохранении его основного значения. Такие самоорганизующиеся познающие

устройства работают без предварительного программирования с постепенной тренировкой, осуществляемой человеком-оператором; он предъявляет изображения, сигнализирует об ошибках, подкрепляет правильные реакции. Входное устройство персептрона — его воспринимающее, рецепторное поле; при опознавании зрительных объектов — это набор фотоэлементов.

После периода «обучения» персептрон может принимать самостоятельные решения. На основе персептронов создаются приборы для чтения и распознавания текста, чертежей, анализа осциллограмм, рентгенограмм и т.д.

Исследование систем обнаружения, навигации и ориентации у птиц, рыб и других животных — также одна из важных задач бионики., т.к. миниатюрные и точные воспринимающие и анализирующие системы, помогающие животным ориентироваться, находить добычу, совершать миграции за тысячи *км* , могут помочь в совершенствовании приборов, используемых в авиации, морском деле и др. Ультразвуковая локация обнаружена у летучих мышей, ряда морских животных (рыб, дельфинов). Известно, что морские черепахи уплывают в море на несколько тысяч *км* и возвращаются для кладки яиц всегда к одному и тому же месту на берегу. Полагают, что у них имеются две системы: дальней ориентации по звёздам и ближней ориентации по запаху (химизм прибрежных вод). Самец бабочки малый ночной павлиний глаз отыскивает самку на расстоянии до 10 *км.* Пчёлы и осы хорошо ориентируются по солнцу. Исследование этих многочисленных и разнообразных систем обнаружения может многое дать технике.

Так, американская компания Orbital Research, разработчик систем навигации, начала работу над интуитивной сенсорной системой, которая позволит избежать столкновений автомобилей на земле и самолетов в воздухе. [1]

Спроектировать такую систему ученых натолкнуло поведение тараканов в тот момент, когда их пытаются поймать. Нервная система тараканов постоянно контролирует все, даже самые мельчайшие изменения, происходящие рядом, и при возникновении опасности реагирует быстро, четко и, самое главное, правильно. Уже создана действующая модель радиоуправляемого авто с "тараканьими мозгами".

Ученые же из Австралийского национального университета подробно изучили полет стрекозы. Они пришли к выводам, что "несмотря на очень

[1] Живые приборы. Ю.Г.Симвков, М., 1986.

маленький мозг, эти насекомые способны выполнять быстрые и точные воздушные маневры, требующие устойчивости и умения избегать столкновения". Новые летательные аппараты, сконструированные по "образу и подобию" хотят использовать для исследования атмосфер планет солнечной системы.

А вот еще какие уникальные идеи "подбрасывает" природа. Как выяснилось, паутина в пять раз прочнее стали и на 30% эластичнее нейлона. Из нового материала, "позаимствованного" у пауков, ученые предлагают делать ремни безопасности, невесомые провода, пуленепробиваемые ткани, медицинские нити, автомобильные шины и даже искусственные связки, ведь паутинный белок практически не отторгается организмом, так как имеет преимущественно белковую основу и обладает уникальными свойствами: она необычайно прочная, лёгкая, долго не разрушается под воздействием окружающей среды, почти не подвержена поражению микроорганизмами и грибками. Но так как добывать натуральную паутину в должном количестве достаточно проблематично, то генетики канадской биотехнологической компании Nexia имплантировали гены, ответственные за синтез паутины у пауков, нигерийским козам. И те стали давать молоко, содержащее такие же белки, что и паутина. Из молока извлекают сырье для получения нитей и ткут сверхпрочный шелк.

В свою очередь, ученые Лабораторий Белла, научно-исследовательского центра Lucent Technologies, обнаружили, что кристаллы кальцита, формирующие скелет морских звезд класса офиур (змеехвостки), обладают уникальными функциями: они не только служат офиурам панцирем, но еще и выполняют функции оптических рецепторов составного глаза. По словам ученых, изучение этого нового биоматериала может содействовать совершенствованию конструкции оптических элементов для телекоммуникационных сетей. "Перед нашими глазами - прекрасный пример того, чему мы можем научиться у природы, - сказал вице-президент Лабораторий Белла Федерико Капассо. - Эти маленькие кристаллы кальцита представляют собой практически идеальные микролинзы, значительно лучше тех, что мы можем производить на сегодняшний день".

А вот пример, который можно взять с другого беспозвоночного. В одной из лабораторий Министерства энергетики США изучают смесь, которую вырабатывают двустворчатые моллюски, чтобы намертво прилипать к днищам судов. На основе исследований изготавливают новый клей, который поможет склеивать окисленные металлические пластины, из которых

собираются важные компьютерные узлы, или, даже заменить хирургические швы на теле человека после операции. Однако для получения всего 1 грамма протеинового клея требуется 10 тысяч моллюсков. В связи с этим ученые рассматривают следующий шаг своих исследований - имплантацию нужного гена моллюска в какое-нибудь растение.

В центре же нанотехнологий в Манчестере ученые работали над "задачей" поставленной примитивно организованной группой ящериц (гекконами), которые могут перемещаться практически по любой поверхности. Результаты исследований показали, что на лапках у геккона расположен ряд кератиновых волосков размерами около 200 нм. Капиллярные силы помогают геккону ползать по влажным поверхностям, а силы Ван-Дер-Ваальса - по сухим. Каждая волосинка связывается с поверхностью с силой в $10^{-7}$ Н. Благодаря высокой плотности волосков на лапках геккона сила связи значительно увеличивается.

Команда из Манчестера решила продолжить исследования, попробовав сконструировать такой же массив нановолокон. Не исключено, что массовый выпуск "гекконовых лапок" возможен с помощью не столь дорогих технологий, как, например, электронно-лучевая литография. Если обратить свое внимание на других позвоночных - китов и дельфинов, то обнаружится, что они "упакованы" в ткань наподобие очень упругой резины, которая состоит из сложной сети волокон коллагена. Это открытие дает возможность начать производство ее синтетического аналога. Если одеть в этот чудо-материал морские суда и подводные лодки, то повысится их обтекаемость, уменьшится расход топлива, увеличится устойчивость.

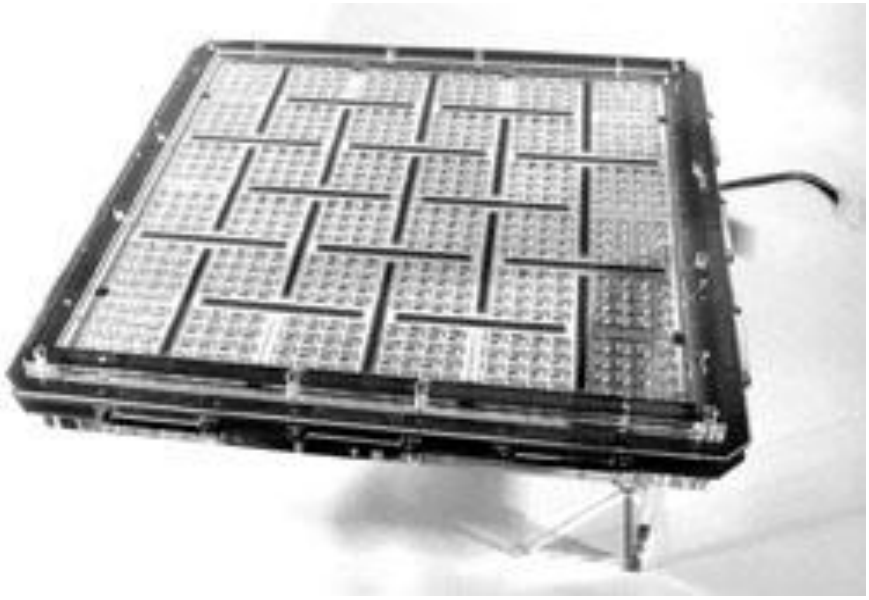
А вот к олимпиаде-2004 специально был создан новый "акулий" костюм Fastskin FSII американской компании Speedo. Его поверхность выстлана сотнями мельчайших зубчиков. Эта "кожа" была подсмотрена у акулы и дополнительно просчитана на компьютере. Она снижает трение о воду, которое, по утверждению компании, достигает 29% от общего сопротивления, а не 8-10%, как считали ранее, сообщает Мембрана.ру. Как результат - сокращение на 4% общего сопротивления движению и соответствующий рост скорости передвижения в воде. Для профессионального спорта этот выигрыш может оказаться критичным.

Не остались в стороне и военные. Так, профессор Хоуи Чозет на деньги военных разрабатывает колёсного робота с подобием хобота слона, военно-морские силы США финансируют создание роботов-лобстеров, а агентство

передовых оборонных разработок оплачивает строительство механических насекомых. [1]

**Техническая бионика.**

Изучение гидродинамических особенностей строения китов и дельфинов помогло создать особую обшивку подводной части кораблей, которая обеспечивает повышение скорости на 20–25% при той же мощности двигателя. Называется эта обшивка ламинфло и, аналогично коже дельфина, не смачивается и имеет эластично-упругую структуру, что устраняет турбулентные завихрения и обеспечивает скольжение с минимальным сопротивлением. Такой же пример можно привести из истории авиации. Долгое время проблемой скоростной авиации был флаттер — внезапно и бурно возникающие на определенной скорости вибрации крыльев. Из-за этих вибраций самолет разваливался в воздухе за несколько секунд. После многочисленных аварий конструкторы нашли выход — крылья стали делать с утолщением на конце. Через некоторое время аналогичные утолщения были обнаружены на концах крыльев стрекозы. В биологии эти утолщения называются птеростигмы. Новые принципы полета, бесколесного движения, построения подшипников и т. д. разрабатываются на основе изучения полета птиц и насекомых, движения прыгающих животных, строения суставов. [2]



В новой печатной схеме, созданной в исследовательском центре Xerox (Пало Альто), отсутствуют подвижные части (она состоит из 144 наборов по 4 сопла в каждом)

В устройстве AirJet разработчики скопировали поведение стаи термитов, где каждый термит принимает независимые решения, но при этом стая движется к общей цели, например, построению гнезда.

[1] http://www.bookin.org.ru/book/349388

[2] Моделирование в биологии, пер. с англ., под ред. Н. А. Бернштейна, М., 1963.

Сконструированная в Пало Альто 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 устройстве отсутствуют подвижные части, что позволяет удешевить производство. Каждая печатная схема содержит 144 набора по 4 сопла, направленных в разные стороны, а также 32 тыс. оптических сенсоров и микроконтроллеров.

Но самые преданные адепты бионики — это инженеры, которые занимаются конструированием роботов. Сегодня среди разработчиков весьма популярна точка зрения, что в будущем роботы смогут эффективно действовать только в том случае, если они будут максимально похожи на людей. Ученые и инженеры исходят из того, что им придется функционировать в городских и домашних условиях, то есть в «человеческом» интерьере — с лестницами, дверями и другими препятствиями специфического размера. Поэтому, как минимум, они обязаны соответствовать человеку по размеру и по принципам передвижения. Другими словами, у робота обязательно должны быть ноги (колеса, гусеницы и прочее не подходит для города). Но у кого копировать конструкцию ног, если не у животных?

В направлении создания прямоходящих двуногих роботов дальше всех продвинулись ученые из Стенфордского университета. Они уже почти три года экспериментируют с миниатюрным шестиногим роботом, гексаподом, построенным по результатам изучения системы передвижения таракана.

**Миниатюрный, длиной около 17 см., шестиногий робот (гексапод) из Стенфордского университета уже бегает со скоростью 55 см/сек**

Первый гексапод был сконструирован 25 января 2000 г. Сейчас конструкция бегает весьма шустро — со скоростью 55 см (более трех собственных длин) в секунду — и так же успешно преодолевает препятствия.

Природа открывает перед инженерами и учеными бесконечные возможности по заимствованию технологий и идей. Раньше люди были не способны увидеть то, что находится у них буквально перед носом, но современные технические средства и компьютерное моделирование помогает хоть немного разобраться в том, как устроен окружающий мир, и попытаться скопировать из него некоторые детали для собственных нужд.

В прошлом отношение человека к природе было потребительским. Техника эксплуатировала и разрушала природные ресурсы. Но постепенно люди начали бережнее относиться к природе, пытаясь присмотреться к ее методам с тем, чтобы разумно использовать их в технике. Эти методы могут служить образцом для развития промышленных средств, безопасных для окружающей среды.

Природа как эталон - это и есть бионика.

**Список литературы.**


1. Бионика в школе. Ц.Н.Феодосиевич, Г.И. Иванович, Киев, 1990.

2. Живые приборы. Ю.Г.Симвков, М., 1986.

3. Тайны бионики. И.И.Гармаш, Киев, 1985.

4. Моделирование в биологии, пер. с англ., под ред. Н. А. Бернштейна, М., 1963.

5. Вопросы бионики. Сб. ст., отв. ред. М. Г. Гаазе-Рапопорт, М., 1967.

6. Мартека В., Бионика, пер. с англ., М., 1967.

7. Крайзмер Л. П., Сочивко В. П., Бионика, 2 изд., М., 1968.