

УДК 69

DOI 10.21661/r-552948

А.А. Чижов

Научный руководитель: М.А. Чижова

Бионика как необходимый новый вектор развития

Аннотация

В статье проведен анализ и обобщение принципов архитектурной бионики в применении к различным строительным, техническим сооружениям. Анализ проведен в ходе изучения научной литературы по теме «Бионика. Архитектурные сооружения». Цель данной работы – это изучение принципов архитектурной бионики, исследование возможности и эффективности их применения для решения инженерно-технических задач. Основной задачей работы было изучение направлений и принципов развития архитектурной бионики, оценка эффективности их применения для решения технических задач, нахождение соответствий биологических систем строительным и техническим сооружениям и средствам, анализ известных архитектурных сооружений с точки зрения архитектурной бионики.

Ключевые слова: биология, бионика, живые организмы, конструкции, устройства, нейробионика, архитектурно-строительная бионика, основные теоретические положения, методика архитектурно-бионического моделирования, проблемы формообразования живой природы, природные проявления гармонии, пластика, пропорция, ритм, симметрия-асимметрия, тектонические формы живой природы.

A.A. Chizhov

Scientific adviser: M.A. Chizhova

Bionics as the New Required Vector of Development

Abstract

The article analyzes and summarizes the principles of architectural bionics applied to various construction and technical structures. The analysis was carried out in the course of studying the scientific literature on the topic "Bionics. Architectural structures". The purpose of this work is to study the principles of architectural bionics, to study the possibility and effectiveness of their application for solving engineering and technical problems. The main task of the work was to study the directions and principles of development of architectural bionics, to assess the effectiveness of their application for solving technical problems, to find the correspondence of biological systems to construction and technical structures and facilities, to analyze known architectural structures from the point of view of architectural bionics.

Keywords: biology, bionics, living organisms, structures, devices, neurobionics, architectural and construction bionics, basic theoretical provisions, methods of architectural and bionic modeling, problems of formation of wildlife, natural manifestations of harmony, plastic, proportion, rhythm, symmetry-asymmetry, tectonic forms of wildlife.

Биология – популярное знание, с которым нас знакомят ещё в школе. Почему-то многие считают, что бионика – один из подразделов биологии. На самом деле это утверждение не совсем точное. Действительно, в узком смысле слова бионика – это наука, изучающая живые организмы. Но чаще всего мы привыкли ассоциировать с этим учением нечто другое. Бионика (от греч. *bion* – элемент жизни, практически – живущий), наука, пограничная меж биологией и техникой, решающая инженерные задачи на базе анализа структуры и жизнедеятельности организмов.

Бионика плотно сплетена с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками – электроникой, навигацией, связью, морским делом и др. Природа и люди строят по одним и тем же законам, соблюдая принцип экономии материала и подбирая для создаваемых систем оптимальные конструктивные решения (перераспределение нагрузки, устойчивость, экономию материала, энергии).

Развитие архитектурной бионики во многом предопределено временем. Анализ литературы, изучение уже созданных архитектурных объектов, доказывает, что это

одно из самых актуальных на сегодняшний день направлений. А связано это с общей идеей возврата к природе, прослеживающейся сегодня во многих сферах человеческой деятельности.

Технократическое развитие последних десятилетий почти полностью подчинило себе образ жизни человека. Фактически, мы стали жителями искусственной «природы», созданной из стекла, бетона и пластика, экологическая совместимость которой с жизнью живого организма неуклонно стремится к нулю. Одним из способов восстановления равновесия, возврата к природе и может стать архитектурная бионика.

Ученые надеялись достичь желаемого решения посредством проведения строгих математических расчетов и выкладок, и создания соответствующих механических конструкций. Ведь тогда механика, опиравшаяся на математику, занимала ведущее место в ряду всех зарождавшихся отраслей механического естествознания; поэтому-то и могло тогда казаться, что все загадки природы будут разгаданы именно с помощью механики и на её основе.

В соответствии с этим человек стремился к созданию механических моделей, которые могли бы имитировать интересовавшие его предметы и явления природы.

Когда прогресс науки привел к открытию фундаментальных законов не только механики, но и физики, химии, биологии и других отраслей естествознания, оказалось следующее: опираясь на эти законы, кладя их в основу соответствующих технических устройств, можно начать осуществлять одну за другой давнишние мечты человека.

Но какими отличными от живых существ оказались конструкции, устройства, инструменты и приборы, созданные человеком!

Достаточно сопоставить орган зрения – глаз – любого животного с некоторыми оптическими приборами и инструментами, сконструированными человеком, чтобы убедиться в том, насколько совершеннее естественный орган по сравнению с искусственным устройством.

В наши дни человек вернулся отчасти к своей первоначальной идее – по возможности полнее и точнее копировать в технике то, что достигнуто в живой природе, воспроизвести это в форме конкретных технических решений. Так зародилась новая наука – бионика.

Как и многие другие, важные направления современного научно-технического прогресса (например, кибернетика), бионика выросла из непосредственных запросов производственной практики. Возникла она на стыке между биологией и техникой.

Здесь стыкуются такие далеко относящиеся друг от друга отрасли человеческого знания и практической деятельности, как БИОлогия и техНИКА.

Название «бионика» происходит от древнегреческого корня «*bio*» – элемент жизни, ячейка жизни или, более точно, элементы биологической системы. Суть бионики – синтезировать накопленные в различных науках знания.

Итак, бионика – прикладная наука, изучающая законы формирования и структурообразования живой при-

роды, чтобы объединить познания биологии и техники для решения инженерно – технических задач.

Сегодня бионика делится на два вида нейробионика и архитектурно – строительная бионика.

Нейробионика – наука об организации технических систем из нейроподобных элементов. Основными направлениями нейробионики являются изучение нервной системы человека и животных, и моделирование нервных клеток – нейронов и нейронных сетей, что дает возможность совершенствовать и развивать электронную и вычислительную технику. Нейробионика изучает работу мозга, исследует механизмы памяти. Интенсивно изучаются органы чувств животных, внутренние механизмы реакции на окружающую среду и у животных, и у растений.

Другое направление бионики – архитектурно – строительная бионика, более подробное описание которой будет дано ниже.

Изучая информацию о бионике из различных источников, можно сделать вывод, что единого мнения о содержании этой науки до сих пор нет.

Многие специалисты считают бионику новой ветвью кибернетики, другие относят ее к биологическим наукам, но, судя по всему, наиболее правы те, кто выделяет бионику в самостоятельную науку. Но ясно одно, что бионика – едва ли не самая популярная из молодых наук, возникших в XX веке и развивающаяся в XXI веке. 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... Возможно, развитие бионики уже в скором времени сделает многое непривычным в мире техники... И это еще больше притягивает в этой науке.

Рассматривая возможности воплощения сложнейших инженерных идей, человек не мог не обратить свое внимание на результат деятельности гениальнейшего архитектора Вселенной – природу. За миллионы лет она создала такие совершенные формы и структуры, которые идеально организованы, гармонично взаимодействуют между собой и находятся в равновесии с окружающей средой. Возможность использования опыта живой природы в строительстве современных архитектурных сооружений и стала предметом изучения этого архитектурного направления.

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. В чём же секрет? Оказывается, их строение сходно с конструкцией современных высотных фабричных труб – одним из последних достижений инженерной мысли.

Конструкции внутри полые. Склеренхимные тяжи стебля растения играют роль продольной арматуры. Междоузлия (узлы?) 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.

Такое изобретение XX века, как застежки «молния» и «липучки», было сделано на основе строения пера птицы.

В области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций. Идея заимствована у глубоководных моллюсков. Их прочные ракушки, например у широко распространенного «морского уха», состоят из чередующихся жестких и мягких пластинок. Когда жесткая пластинка трескается, то деформация поглощается мягким слоем и трещина не идет дальше. Такая технология может быть использована и для покрытия автомобилей.

Архитектурно – строительная бионика – наука, которая изучает законы формирования и структурообразования живых тканей, занимается анализом конструктивных систем живых организмов по принципу экономии материала, энергии и обеспечения надежности.

В результате многолетних теоретических и экспериментально – проектных работ сложились основные направления развития архитектурной бионики как науки:

- основные теоретические положения;
- методика архитектурно – бионического моделирования;
- использование форм живой природы в архитектурной практике;
- проблемы формообразования живой природы;
- вопросы обеспечения жизнедеятельности живых систем;
- проблема использования в архитектуре природных проявлений гармонии – пластики, пропорций, ритмов, симметрии – асимметрии;
- исследование тектонических форм живой природы, принципов их трансформации и способности природных конструкций накапливать упругую энергию;
- вопросы гармоничного формирования архитектурно-природной среды (экологический аспект архитектурной бионики).

Каждое из направлений архитектурной бионики имеет относительно самостоятельное значение, однако все они нацелены на решение единой задачи совершенствования архитектурных форм, их гармонизацию.

Бионика включает в себя и создание новых для строительства материалов, структуру которых подсказывают законы природы. На сегодняшний день существует уже множество примеров бионики, каждый из которых отличается удивительной прочностью своей структуры. Таким образом, можно получить новые дополнительные возможности для возведения сооружений различных масштабов.

Архитектурная бионика сегодня, в начале XXI века, приобретает особое значение, так как рассматривает в совокупности систему «живая природа (среда) – архитектура (техника) – человек», благодаря чему социальная и техническая сферы получают возможность развиваться в гармоническом единстве с окружающей природой.

Развитие архитектурной бионики во многом предопределено временем. Можно сказать, что это одно из самых актуальных на сегодняшний день направлений. А связано это с общей идеей возврата к природе, проследившейся сегодня во многих сферах человеческой деятельности.

В ходе исследования было установлено: оказывается, принципы живой природы в строительстве и технике ранее уже применялись, хотя и, в большинстве случаев, неосознанно.

Например, не так давно, во второй половине XX века, инженеры совершенно неожиданно открыли, что прочность Эйфелевой башни связана с тем, что ее конструкция в точности повторяет строение большой берцовой кости человека (совпадают даже углы между несущими поверхностями), хотя при создании башни инженер не пользовался живыми моделями.

Большая берцовая кость – самая прочная кость нашего скелета, на нее ложится наибольшая тяжесть при поддержании тела в вертикальном положении. Эта кость способна выдержать нагрузку до 1500 кг (хотя ее масса только около 0,5 кг), т.е. примерно в 25 раз больше ее обычной нагрузки. Таков запас технической прочности природной конструкции.

Подобно конструкции листа дерева выполнено покрытие Олимпийского сооружения – велотрека в Крылатском (г. Москва).

В последние годы бионика подтверждает, что большинство человеческих изобретений уже «запатентовано» природой. Такое изобретение 20-го века, как застежки «молния» и «липучки», было сделано на основе строения пера птицы. Бородки пера различных порядков, оснащенные крючками, обеспечивают надежное сцепление.

Известные испанские архитекторы М. Р. Сервера и Х. Плез, 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». В начале работы мы упоминали о том, что в Шанхае должен появиться город-башня, в основу проекта положен «принцип конструкции дерева».

Башня-город будет иметь форму кипариса высотой 1228 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 – 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 ещё несколько таких зданий-городов.

В архитектурно-строительной бионике большое внимание уделяется но-вым строительным технологиям. Например, в области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций.

Принципы построения природных конструкции из тонких натянутых нитей, а также конструкции из нитей с натянутыми между ними мембранами, легли в основу вантовых конструкций.

Прототипами для них послужили также такие природные модели:

– перепончатые лапы водоплавающих птиц, плавники рыб, паутина паука, крылья летучих мышей и др.

Принцип тургора живых моделей привел к появлению в архитектуре новой области строительной техники – созданию пневматически напряженных конструкций.

Пневматическое напряжение, создаваемое избыточным давлением газа или жидкости, обеспечивает гибкой герметичной оболочке несущую способность и устойчивость при любых видах нагрузок.

Важнейшими преимуществами надувных систем являются: экономичность, малый вес, транспортабельность, компактность, быстрота монтажа.

Поэтому принцип тургора широко применяется при сооружении: выставочных залов, ярмарочных павильонов, спортивных залов.

В архитектуре применяется принцип построения природных пространственно-решетчатых систем: радиоларии, диатомовых водорослей, некоторых грибов, раковин, даже микроструктура головки бедренной кости.

В этих моделях ярко проявляется принцип распределения материала с расчетом на самые случайные и разнонаправленные действия нагрузок.

Например, структура головки тазобедренной кости построена так, что никогда не работает на излом, а только на сжатие и растяжение. Это используется в конструировании опорных рам, ферм, подъемных кранов.

Тонкие крылышки стрекозы коромысла делают до 100 взмахов в секунду, шмеля – более 200, комнатной мухи – до 300, а комара дергуна – до 1000 взмахов. Они обладают достаточной прочностью благодаря разветвляющейся в них сетке жилок.

Нередко природа унифицирует конструкции, т.е. строит их из элементов одной и той же формы: лепестки цветов, семена злаков, головка чеснока, ягоды малины, чешуйки рыб, змей, шишек, панцири и т. д.

Наиболее экономичной является конструкция, составленная из правильных плотно сомкнутых шестиугольников.

Конструкция пчелиных сот легла в основу изготовления «сотовых панелей» для строительства жилых зданий. В дальнейшем, с целью экономии материала, конструкторы стали собирать панели из одного элемента треугольника с продленными сторонами. При

сборке получается сотовая конструкция, но без двойных стенок.

Кроме зданий, в конструкции которых используются принципы и структуры живой природы, к бионическим сооружениям относят и те, которые копируют не биологические структуры, а формы.

А первым, кто начал воспроизводить формы природы в архитектуре, считается испанский архитектор Антонио Гауди. И это был прорыв!

Пожалуй, самые яркие его творения в бионическом стиле – Дом Висенса и Дом Мила в Барселоне (1883–1888), Эль Каприччо в городке Комильяс (1883–1885). Позднее, в 1900 – 1914 гг., Антонио Гауди построил в Барселоне уникальный архитектурный комплекс – парк Гуэль, многие строения которого не только имитируют разнообразные природные формы – от морских змеев до птичьих гнезд и стволов деревьев, но и буквально вырастают в природный ландшафт – холмы и террасы. До сих пор парк именуют не иначе как «природа, застывшая в камне».

В начале 1920-х годов при строительстве своего антропософского центра – Гетеанума природные формы использовал Рудольф Штайнер. Затем появился небоскреб в форме огурца в Лондоне. Национальный оперный театр в Пекине (имитирует каплю воды). Оперный театр в Сиднее (подражает раскрывшимся лепесткам лотоса на воде). Плавательный комплекс в Пекине (конструкция фасада состоит из «пузырьков воды», повторяет кристаллическую решетку, она позволяет аккумулировать солнечную энергию, используемую на нужды здания).

С недавнего времени бионическую архитектуру можно увидеть и в России. В 2003 году в Санкт-Петербурге по проектам архитектора Бориса Левинсона были построены «Дом Дельфин» и оформлен холл известной клиники «Меди-Эстетик».

Стоит также отметить, что архитектура не только должна заимствовать у природы что-то, но и не вредить ей. Поэтому, в архитектуре будущего непременно будет учтена экологическая составляющая. Уже сейчас мы стараемся активно использовать энергосберегающие ресурсы. В связи с уменьшением запасов природных ресурсов, в архитектуре также происходит переоценка ценностей.

Архитекторы стараются создать новые решения, при которых не потребуется использование угля, нефтепереработанных продуктов, газа и т. д. Так, например, всё больше и больше начинают использоваться солнечные батареи, которые могут снабжать дома и теплом, и электричеством. Для улучшения экологической обстановки всё больше используется в архитектуре природные элементы, такие, как деревья и трава, мох и иные. Взять, к примеру, проект дома – сада в Сингапуре.

Нехватка природных ресурсов толкает архитекторов на создание новых концепций, новых вариантов, которые бы дали возможность обходиться без них.

Но не стоит забывать так же и о земле. Земля – это тоже ресурс, которого также может не хватить. Население планеты растёт с каждым годом, казалось бы, где только человек не приспособился выживать, а, впослед-

ствии, и жить. Люди живут во всех уголках суши нашей планеты, так что же будет, когда суши нам станет не хватать? И тут учёные пошли уже далеко. Среди проектов архитектуры будущего можно увидеть и подводные города, и постройки на скалах, и даже города в космосе – фантазия здесь не знает границ.

Так или иначе, все направления архитектурной бионики заслуживают внимания. Еще более интересным и целесообразным кажется синтез этих направлений. Многие архитекторы в настоящее время активно работают над проектами, которые объединяют все бионические принципы – и воспроизведение структур и систем живой природы, и подражание ее формам, и экологичность.

Сейчас, например, ученые занимаются глубоким изучением механизма фотосинтеза. С их точки зрения, этот процесс, наряду со многими другими функциями зеленого листа, может быть использован для создания так называемых «дышащих» стен, кровли-мембраны или нового поколения экологически чистых строительных материалов. Становятся всё более популярными экодома из экологически чистой соломы. Солома представляет собой необычайно доступный и дешевый материал.

Для того чтобы вырастить достаточное количество соломы для постройки одного дома площадью 70 м², необходимо от 2 до 4 гектаров земли. При этом используется то, что обычно рассматривается в качестве отходов. Ведь основная масса соломы, остающейся после уборки урожая, сжигается. Соломенные блоки являются прекрасным теплоизолятором. Многие их тех, кто живет в соломенных домах, отмечают, что их расходы на отопление всегда в два раза меньше чем у соседей, которые живут в обычных домах.

Уже сейчас в городах мира появляется все больше «биморфных» зданий, поражающих своей красотой и гармоничностью, все чаще в конструкциях жилых домов и общественных зданий используются солнечные батареи и другие альтернативные источники энергии. Возможно, когда-нибудь наши дома будут похожи на птиц, деревья или цветы, сливающиеся с окружающими пейзажами, а технические решения позволят нам дышать чистым воздухом и жить в естественной природной среде, не причиняя ей вреда.

После проведенного анализа и изучения научной литературы по изучаемой теме весь найденный материал обобщен в кратком виде.

Таблица 1

Самые яркие представители Бионики в архитектуре

Фото объекта	Название и местонахождение	Год создания	Отличительные характеристики
	Capital Gate, Абу-Даби, Объединенные Арабские Эмираты.	Здание было построено в 2011 году по проекту архитектурной мастерской RMJM London. На строительство ушло 4 года.	Capital Gate – уникальное 35-этажное 160-метровое здание в Абу-Даби, входящее в состав комплекса Национального выставочного центра. Здание было построено в 2011 году по проекту архитектурной мастерской RMJM London. На строительство ушло 4 года. При проектировании, разработке и строительстве Capital Gate были использованы самые современные технологии, например, все окна здания не пропускают тепло от солнечного света, а угол наклона одной стороны здания от вертикали составляет 18 градусов (для сравнения угол наклона Пизанской башни около 4 градусов). Такая архитектура здания достигается с помощью использования современного метода диагональной сетки, а также отклонением от вертикали каждого этажа здания от 30 до 140 см.
	Небоскрёб Мэри-Экс, Лондон, Англия.	Здание было построено ещё в 2003 году по проекту великого архитектора Нормана Фостера.	Небоскрёб Мэри-Экс (30 St Mary Axe) является популярной достопримечательностью города Лондон. Это 41-этажное криволинейное здание с поразительной архитектурой. Здание также известно как «огурчик» из-за его отличительной криволинейной формы. Это также первый эко-небоскрёб в Лондоне.

			<p>Его застекленная конструкция обеспечивает естественное освещение всем помещениям здания. Также по проекту в здании предусмотрена система естественной вентиляции. «Огурец» имеет вытянутую и изогнутую форму. Фасады состоят из 744 стеклянных панелей различной прозрачности. Здание потребляет значительно меньше энергии для своего обеспечения, чем другие небоскребы сопоставимого размера.</p>
	<p>Дворец искусств Королевы Софии Валенсия, Испания.</p>	<p>Это современное архитектурное чудо было разработано популярным испанским архитектором Сантьяго Калатрава. Строительство началось в 1995 году и продолжалось долгих 10 лет. Сегодня это здание является достопримечательностью Валенсии и одним из самых красивых оперных театров в мире.</p>	<p>Это здание высотой 75 метров является самым высоким оперным театром в мире! Дворец искусств имеет 17 этажей, 3 из которых находятся под землей. Парящая часть крыши является одной из наиболее впечатляющих частей этого футуристического здания. Это «перо» имеет длину 230 метров, оно построено из легированной стали.</p>
	<p>Штаб-квартира CCTV, Пекин, Китай.</p>	<p>Здание было разработано архитекторами Ремом Колхасом и Оле Шереном. Оно было построено в 2012 г., а его строительство началось в 2004 г. В 2013 году Совет по высотным зданиям и городской среде присвоил этому небоскребу звание «лучшее высотное здание в мире».</p>	<p>Этот 44-этажный небоскреб высотой 234 метра является штаб-квартирой центрального телевидения Китая. Здание известно своей необычной формой и, несомненно, оно является одним из величайших архитектурных чудес. Это уникальное здание образовано двумя башнями, которые сливаются в единую композицию за счёт перпендикулярной верхней и нижней частей. Внешним видом здание образует замкнутую петлю.</p>
	<p>Музей Гуггенхайма в Бильбао, Испания.</p>	<p>Музей был официально открыт в октябре 1997 года. Проект здания был разработан известным американским и канадским архитектором Фрэнком Гери.</p>	<p>Музей Гуггенхайма в городе Бильбао – новаторское современное архитектурное чудо. Музей имеет ряд соединенных между собой зданий и известен своими кривыми титановыми и стеклянными конструкциями. Кривые стены музея Гуггенхайма изготавливались с применением титана. Это один из самых впечатляющих музеев в мире. Эти кривые линии дают потрясающий эффект при попадании солнечного света на их поверхность. Из 24 тысяч квадратных метров музея 11 тыс. кв.метров отведены под выставочные площади. Выставочное пространство содержит в общей сложности 19 галерей. В музее часто проводятся инсталляции и тематические выставки.</p>

	<p>Пекинский национальный стадион, Пекин, Китай.</p>	<p>Этот стадион был построен в 2008 году и был основным стадионом для проведения Олимпийских игр.</p>	<p>Пекинский национальный стадион является одним из крупнейших и самых впечатляющих стальных конструкций в мире. Широко известно его прозвище – «птичье гнездо», которое он получил из-за своего внешнего вида. Конструкция стадиона является самой крупной стальной конструкцией в мире. Для строительства этого объекта было использовано около 28 километров стали.</p> <p>В основе конструкции лежит бетонное основание, на котором стоят 24 ферменных колонн. И именно вокруг них переплетены стальные балки, образующие весьма интересный сюжет. Между балками натянут прозрачный материал, что позволило обеспечить трибуны естественным светом, а также придать лёгкость конструкциям. Пекинский национальный стадион имеет общую площадь 254600 квадратных метров и вместимость 91000 человек. Для контроля состояния окружающей среды на стадионе есть съёмная крыша.</p>
	<p>Национальный центр исполнительских искусств, Пекин, Китай.</p>	<p>Здание Национального Большого театра было разработано французским архитектором Полем Эндрию. Строительство этого арт-центра было начато в 2001 и завершено в 2007 году.</p>	<p>Национальный центр исполнительских искусств также известен как Большой Национальный оперный театр. Он является великолепным художественным центром, расположенным в Пекине.</p> <p>Это удивительная эллипсоидная структура создана из титана и стекла. В народе здание прозвали «гигантским яйцом». Сооружение включает в себя оперный театр, концертный зал и театр общей площадью 118 900 квадратных метров.</p> <p>При строительстве было использовано около 18000 титановых пластин и 1000 листов ультра-прозрачного стекла. Всё это позволило зданию приобрести очень футуристический вид. Уникальный вид зданию также придаёт искусственное озеро, опоясывающее его.</p>
	<p>Сиднейский оперный театр, Сидней, Австралия.</p>	<p>Строительство оперного театра в Сиднее было начато в 1957 году и заняло 16 долгих лет. Проект здания был разработан датским архитектором Йорном Утзоном.</p>	<p>Сиднейский оперный театр является одним из самых бесспорных архитектурных чудес в мире. Это самое узнаваемое здание во всей Австралии. Сиднейская Опера очень популярна и во всём мире, она имеет свой уникальный дизайн, не похожий ни на одно другое здание в мире. Рассматривая Сиднейскую Оперу, как большую архитектурную форму, в 2007 году ЮНЕСКО признала это</p>

			<p>здание объектом Всемирного наследия. Отличительной чертой здания является крыша, которая сформирована из Центр научного сотрудничества бетонных частей сферы, похожих на паруса или яичную скорлупу. Крыша Оперного театра сделана из примерно 2100 сборных железобетонных секций. Архитектор Йорн Утсон использовал особый вид керамической плитки для проектирования крыши, чтобы сделать структуру более привлекательной. Интерьеры здания оперного театра также весьма оригинальны и привлекательны.</p>
	<p>Бурдж Халифа (Башня Халифа) Дубай, Объединенные Арабские Эмираты.</p>	<p>Башня Халифа была построена в период с 2004 по 2010 годы. Автором проекта является популярное американское архитектурное бюро Skidmore, Owings and Merrill. Основным автором проекта был архитектор Эдриан Смит.</p>	<p>Бурдж-Халифа (Башня Халифа) является самым заметным архитектурным объектом Дубая. Высотой в 828 метров это здание является самым высоким в мире. Бурдж-Халифа имеет более чем 200 этажей из которых 160 жилые. Бурдж-Халифа олицетворяет собой богатство и величие Дубая и всех Арабских Эмиратов, а также чудо технологий и инженерной мысли. Здание отлично подготовлено к экстремальным погодным условиям города Дубая. Напомним, что температуры там нередко поднимаются выше +50 градусов по Цельсию. Ещё до начала строительства специально для этого небоскреба придумали особую марку бетона, причём заливали этот бетон охлажденным и исключительно в темное время суток. Стёкла небоскреба не пропускают тепло солнечного света, позволяя экономить на кондиционировании комплекса. Воздух внутри не только охлаждается, он ещё и ароматизируется особым ароматом, изготовленным специально для Бурдж-Халифа.</p>

На основании изученных материалов можно сделать вывод:

Интересны в природе геометрические формы объектов. Сама природа выбирает наилучший вариант в ходе эволюции. Архитектурная бионика интенсивно внедряется в конструкциях современных сооружений, создавая уникальные здания, как по форме, так и по структуре с применением современных материалов, например, полимерных композиционных.

Архитектурная бионика дает возможность осознать, что в мире должна быть гармония между строительными объектами и окружающей средой, как и человек, с его возможностью жить с комфортом и безопасно. Стоит отметить, что в архитектурной бионике не используется просто копирование природного объекта. Здания лишь напоминают об объ-

екте, а само архитектурное сооружение подчиняется бионическим принципам.

Необходимо уделять больше внимания изучению самих растительных и биологических объектов. И далее устанавливать принципы, на которых можно совершенствовать строительные конструкции с учетом закономерностей строения изученных объектов природы. Поиск оптимальных вариантов создания комплексов с природными структурами в строительстве сооружений с точки зрения архитектурной бионики актуален, особенно в наше время.

Каждое живое существо – это совершенная система, которая является результатом эволюции многих миллионов лет. Изучая данную систему, раскрывая секреты устройства живых организмов, можно получить новые возможности в строительстве сооружений. С помощью бионики

человечество пытается привнести достижения природы в собственные технические и общественные технологии.

Бионические формы проникли в нашу повседневную жизнь и ещё долгое время будут играть в ней значительную роль. Изучение природы человечеством ещё далеко не закончено, но мы уже получили у природы

бесценные знания о рациональном строении и формообразовании, что, безусловно, доказывает актуальность и перспективность изучения науки бионики во всех её аспектах.

Одним словом, природа содержит в себе миллионы идей и моделей для созидания.

Литература

1. Крайзмер Л.П. Бионика, 2 изд. / Л.П. Крайзмер, В.П. Сочивко. – М., 1968.
2. Лебедев Ю.С. Архитектурная бионика / Ю.С. Лебедев, В.И. Рабинович [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990.
3. Мартека В., Бионика / В. Мартека. – М., 1967.
4. Игнатъев М.Б. «Артоника». Статья в словаре-справочнике «Системный анализ и принятие решений» / М.Б. Игнатъев. – М.: Высшая школа, 2004.
5. Вопросы бионики. Сборник статей / Под ред. М.Г. Гаазе-Рапопорт. – М., 1967.
6. Белькова Е.В. Межпредметный элективный курс «Изобретатель – природа» / Е.В. Белькова // Современный урок. – 2009. – №8.
7. Кушнер М. Будущее архитектуры. 100 самых необычных зданий / М. Кушнер. – М.: АСТ, 2016. – 176 с.
8. Трубе Г. Путеводитель по архитектурным формам / Г. Трубе. – М.: Архитектура. – 2014. – 216 с.
9. Villesenor D. Architecture and nature / D. Villesenor. – New York: Rizzoli, 2015. – 334 p.
10. Демина Е.Н. Исследовательская работа на тему «Бионика в архитектуре: природа – строитель, человек – подражатель?» / Е.Н. Демина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://denegnik.com/reklama-v-internete-kak-zarabotat/> (дата обращения: 18.12.2020).

References

1. Kraizmer, L. P., & Sochivko, V. P. (1968). Bionika, 2 izd. M.
2. Lebedev, Iu. S., & Rabinovich, V. I. (1990). Arkhitekturnaia bionika. M.: Stroiizdat.
3. Marteka, V. (1967). Bionika. M.
4. Ignat'ev, M. B. (2004). "Artonika". Stat'ia v slovare-spravochnike "Sistemnyi analiz i priniatie reshenii". Vysshiaia shkola.
5. Gaaze-Rapoport, M. G. (1967). Voprosy bioniki. Sbornik statei. M.
6. Bel'kova, E. V. (2009). Mezhpredmetnyi elektivnyi kurs "Izobretatel' - priroda". Sovremennyi urok, 8.
7. Kushner, M. (2016). Budushchee arkhitektury. 100 samykh neobychnykh zdaniy. M.: AST.
8. Trube, G. Putevoditel' po arkhitekturnym formam., 216.
9. Villesenor, D. (2015). Architecture and nature. New York: Rizzoli.
10. Demina, E. N. Issledovatel'skaia rabota na temu "Bionika v arkhitekture: priroda -stroitel', chelovek - podrazhatel'?". Retrieved from <http://denegnik.com/reklamav-internete-kak-zarabotat/>