

DOI: 10.34031/article\_5ca1f632425466.42246350

<sup>1,\*</sup>Уморина Ж.Э.<sup>1</sup>Уральский государственный архитектурно-художественный университет  
Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 23

\*E-mail: umorina87@yandex.ru

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИОНИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

**Аннотация.** Благодаря развитию научно-технического прогресса в архитектуре возникло и активно развивается новое явление – бионическая архитектура. Основываясь на уже созданных методиках проектирования в рамках «зеленых стандартов», бионическая архитектура способствует улучшению экологического баланса окружающей среды и сохранению природных ресурсов. Использование новейших технологий строительства, формообразования, проектирования, альтернативных источников энергии позволило сформировать этот инновационный стиль, который по сути своей является ветвью развития экологического подхода. В статье раскрыты основные достижения в области применения технических устройств повышения эффективности применения ресурсов в объектах архитектуры и их влияние на формообразование.

**Ключевые слова:** бионическая архитектура, инженерное оборудование, экология, форма, комфорт.

**Введение.** Зодчие разных периодов – от момента возникновения потребности в строительстве жилища до наших дней – черпали свое вдохновение у природы, пытаясь повторить и применить формы ее объектов в своих творениях. Однако этот процесс претерпел ряд трансформаций на пути своего развития, что привело к современным тенденциям в архитектуре, которые можно обозначить как бионическая архитектура – инновационный стиль, основанный на экологическом подходе и новейших технологиях и строительных материалах. Суть его заключается в глубоком анализе внутренних процессов природы, в применении принципов живого в «рукотворных» технологиях, в создании архитектуры человека как логического довершения архитектуры окружающей среды; в преодолении конфликта природы и человека, организации внешней гармонии путем гармонизации внутренней составляющей [1, с. 355]. Конечным результатом ставится создание экологического здания с максимально замкнутой экосистемой.

В настоящий момент тема бионической архитектуры с применением новейших технологий может считаться изученной лишь частично, поскольку появление перспективных разработок и экспериментов в данной области только набирает обороты. Теоретической основой исследования проблемы образования нового стиля «Бионическая архитектура» послужили научные работы, в которых рассмотрены её отдельные аспекты:

– литература, раскрывающая исторический аспект формирования бионической архитектуры: Бассегода Н.Х., Зинченко С.А., Марков Д.И., Колясников В.А., Сапрыкина Н.А., Мартека В., Маркузон В.Ф. и др.;

– литература, в которой исследуются принципы стилеобразования в архитектуре: Асташенков П.Т., Горский Д.П., Лебедев Ю.С., Литинецкий И.Б., Мартека В., Молчанов В.М. и др.;

– источники, содержащие описание современных достижений в архитектуре и строительной индустрии (в области разработки и применения строительных материалов и технологий): Белюченко И.М., Варезкин В.А., Волкотруб И.Т., Гийо Агнес, Ермолов В.В., Иовлев В.И., Крайзмер Л.П. Селезнев В.П., Пономарев В.А., Табунщиков Ю.А., Фадеева М., Bloom P. и др.

В результате их анализа получены следующие выводы:

– к настоящему моменту накоплен огромный эмпирический материал по разработке проектов уникальных архитектурных объектов, обладающих набором особенностей, позволяющих выделить их в одну группу, детальное изучение которой позволит доказать формирование нового архитектурного стиля на рубеже XX–XXI вв.;

– в современной архитектуре явно просматривается влияние экологического подхода, под воздействием которого происходит развитие новых и трансформация существующих направлений (в том числе под воздействием научно-технического прогресса);

– существует множество работ, посвященных бионическому формообразованию, но не изучен вопрос его влияния на развитие в архитектуре новых стилей и направлений;

– нет оценочной шкалы (критериев, системы оценки), позволяющей классифицировать здания и сооружения, выполненные с учетом требований «зеленых» стандартов, Green-BIM-технологий, бионического формообразования, экологического подхода, как отдельный стиль

или стилевое направление при существовании значительного количества осуществленных объектов;

– существует противоречие в оценке эффективности объектов бионической архитектуры с экономической точки зрения, требующее тщательного изучения;

– бионическая архитектура не выведена на уровень самостоятельного архитектурного стиля (трактуются как ветвь различных стилей), вследствие чего не изучен вопрос возникновения предпосылок ее формирования и развития [2, с 36].

**Основная часть.** Без научных основ экологии и климатологии сегодня невообразимо создать полноценный эко-комплекс, гармонично сочетающий внешнюю форму (оболочку) с внутренним строением (строительные материалы и конструкции, инженерное оборудование, функциональное зонирование). В этом направлении уже сделаны существенные шаги:

– энергоэффективный дом (Energy Efficient Building): потребление энергии из централизованных источников низкое или нулевое; объект может быть оснащен устройствами, вырабатывающими энергию;

– умный дом (Intellectual Building): автоматизация управления и оптимизация использования ресурсов;

– пассивный дом (Passive Building): естественный теплообмен, фактическое отсутствие отопления, использование энергосберегающих материалов и систем;

– здоровый дом (Healthy Building): применение природного материала, системы активных очисток отработанных ресурсов;

– биоклиматическая архитектура (Bioclimatic Architecture): применение технологий, обеспечивающих комфортные условия с учетом климатических особенностей региона.

Все перечисленные виды разработки экзданий напрямую связаны с развитием научно-технического прогресса и активным применением современных технологий, направленных на повышение комфорта в помещениях и сохранение природного баланса. Рассмотрим их особенности более подробно.

*Энергоэффективный дом представляет собой сооружение, в котором энергопотребление снижено до минимума, а энергопотери отсутствуют. Яркими примерами таких зданий являются: проект семейного дома ZEB Pilot House (бюро Снехетта, Норвегия), дома Heliotrope в Германии (архитектор Ральф Диша), Cannon beach residence, штат Орегон (архитектурное бюро Nathan Good Architects) и т.д. (рис. 1).*



Рис. 1. А) Энергоэффективное здание «Commerzbank», Франкфурт-на-Майне, Германия [8];  
Б) проект семейного дома ZEB Pilot House, Норвегия (разработчики: бюро Снехетта) [9]

Этот метод основан на применении строительных материалов и конструкций, позволяющих сократить теплопотери. Характерным элементом при таком подходе также становятся всевозможные солнечные батареи, ветрогенераторы и др. устройства, позволяющие получить энергию

из альтернативных источников. Стоит отметить, что прямого влияния на формирование объекта эти материалы и устройства не оказывают, за исключением вопроса размещения элементов сбора и трансформации энергии в соответствии с климатическими особенностями района строительства.

Умный дом – это гибкая приспособляемая инженерная система, состоящая из датчиков контроля и реагирования, пульта управления и связей между ними. Данная концепция предполагает новый подход к организации жизнеобеспечения здания, направленный на повышение эффективности использования функциональных про-

странств и ресурсов [3, с 23]. Примеров применения этого метода в архитектуре довольно много: дом Трон – дом японского профессора Кена Сакамуры в Токио, дом Била Гейтса в Вашингтоне (рис. 2). Однако особого влияния на форму объекта данная система не оказывает, т.к. довольно легко приспособляется к различным конфигурациям.



Рис. 2. «Умный дом» Била Гейтса в Вашингтоне, интеллектуальные системы управления зданием [10]

Пассивным домом принято называть объект, у которого отсутствует необходимость в устройстве традиционной системы отопления (энергосберегающий дом). Основу этой концепции составляют принципы: компактности, ориентации по сторонам света, тщательного подхода к утеплению ограждающих конструкций, а также избегание возникновения мостиков холода. Примерами известных домов, построенных по принципу пассивного энергосбережения, являются: Eсоно-Нouse в Финляндии, «Башня жемчужной реки» в Гуанчжоу и др. (рис. 3). В данном случае влияние подхода на форму объекта весьма значительно, поскольку расход тепла напрямую связан с геометрией и форм и их размерами. Геометрия

форм должна учитывать направление воздушных потоков, и если здание оборудовано ветро-генераторами как в «Башня жемчужной реки» в Гуанчжоу, их располагают перпендикулярно ветропотокам. Eсоно-Нouse в Финляндии в своей конструкции имеет компактность, ориентацию по сторонам света, тщательный подход к утеплению ограждающих конструкций, а также избегание возникновения мостиков холода, за счет чего отпадает необходимость в отоплении. Главный фасад общественных зданий ориентируют на максимально освещенную сторону света для естественного нагрева помещений и используют двойные утепленные фасады.



Рис. 3. Гуанчжоу, «Башня жемчужной реки» [11]

Здоровый дом – это инновационный подход к проектированию и строительству, основывающийся на здоровом образе жизни. «Здоровый дом рассматривает среду обитания в качестве актива, который может максимально увеличить человеческий потенциал, и стремится создать

среду, которая побуждает нас жить лучше, культивируя здоровый образ жизни, и помогает предотвратить проблемы со здоровьем» [4]. Например, проект дома Джека Хенстрайджа, в котором применен способ строительства «поленница» и «зеленая кровля» (рис. 4).



Рис. 4. Дома-полленницы (технология - cordwoodmasonry или earthwood): А) офис студии звукозаписи Ханса Либберга (Hans Liberg) [12]; Б) дома Джека Хенстрайдж (Henstridge House) [13]

Биоклиматическая архитектура является особой методикой проектирования, основанной на особенностях климата региона строительства. Она имеет довольно глубокие корни зарождения, огромное количество уникальных образцов, богатый спектр подходов в зависимости от природных условий, но обладает (и всегда обладала) це-

лью создания комфортного микроклимата жилища (объекта) с минимальным использованием энергии. Яркими примерами биоклиматической архитектуры современности являются: «Городские ворота Дюссельдорфа», многоэтажное жилое здание с низким энергопотреблением в Берлине (Assmann, Solomon, Scheidt), здание Helikon Building в Лондоне (Sheppard Robson) (рис. 5).



Рис. 5. А) Городские ворота Дюссельдорфа [14]; Б) многоэтажное жилое здание с низким энергопотреблением в Берлине, архитекторы Assmann, Solomon and Scheidt [15]; В) здание китайско-итальянского научно-исследовательского центра энергоэффективности на территории Университета Цинхуа в Пекине, Китай [16, 17]

На сегодняшний день разработка обозначенных инженерных и конструктивных систем, позволяющих создавать здания с системой самообеспечения, является одним из актуальных вопросов в теории и практике архитектуры. К настоящему моменту уже разработано множе-

ство систем автономного энергообеспечения: генераторы волн, генераторы глубоководных течений, генераторы на солнечных батареях, генераторы энергии ветра, генераторы тепловой энергии Земли, устройства переработки отходов с выработкой энергии и т.д. (рис. 6).

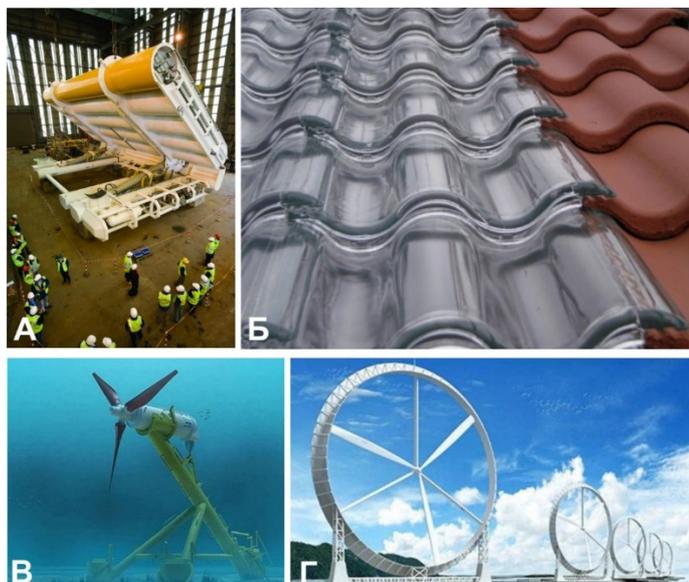


Рис. 6. А) генератор энергии воды (волн) [18]; Б) интегрированные в черепицу солнечные батареи, Techtile [19]; В) генераторы энергии глубинных подводных течений [20]; Г) генераторы энергии ветра [21]

Такие разработки почти всегда сочетаются с бионическим формообразованием как оболочки, так и конструкции сооружения, что направлено на обеспечение абсолютной гармонизации с окружающей средой. Архитектурная бионика также продолжает развиваться как отдельный метод. При этом отсутствует устоявшаяся методика применения выше указанных способов в различных сочетаниях в процессе проектирования экологических зданий. За относительно короткий срок накоплен огромный эмпирический материал, требующий систематизации, упорядочивания, выстраивания в некий алгоритм, что и позволит, в конечном счете, приблизиться к созданию инновационной методики проектирования – бионической архитектуре.

Бионическая архитектура – не просто внешняя, причудливая форма грациозных кривых, отсылающих зрителей к пейзажам живой природы. Это целый комплекс инновационных разработок организации жизненного пространства человека, основанный на методах автономного энергообеспечения, применении природных технологий, технологий очистки окружающей среды и переработки вторичного сырья, использование экологически-чистых строительных материалов и бионических конструкций. Бионическая архитектура объединила точную науку с чувственным искусством, абстрактное и рациональное, природу естественного мира и мира человека, синтезировал законы строгого с доводами эстетичного. Примеры проектных разработок таких объектов уже существуют (рис. 7).

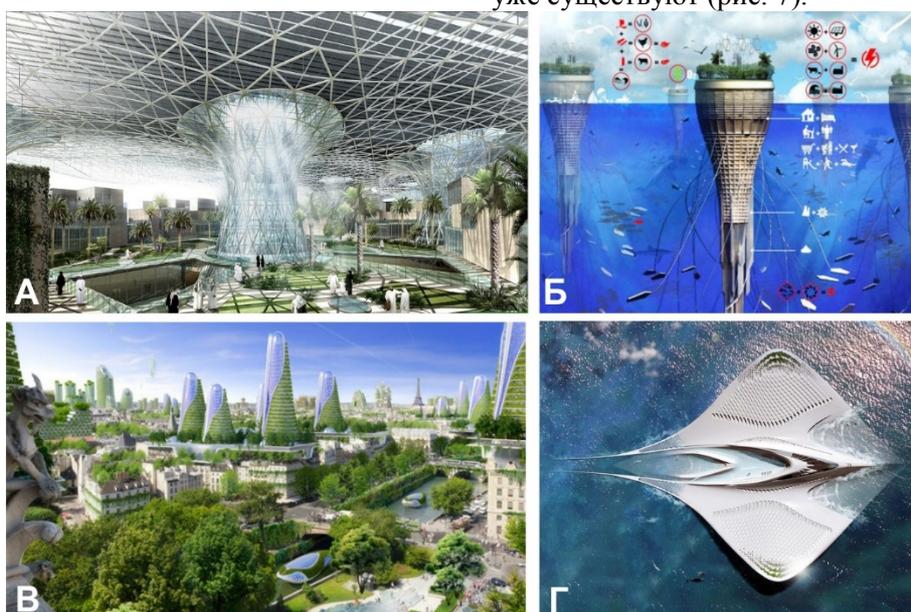


Рис. 7. А) Масдар, проект будущего эко-города в Абу-Даби [22]; Б) водоскреб [23]; В) проект озеленения Парижа [24]; Г) Плавающее поселение Франция [25]

Стоит отметить, что в области разработки технических устройств и строительных конструкций также произошли изменения, связанные с решением вопроса их применения в биоморфных объектах. Рассмотрим несколько примеров.

Жидкие солнечные нанобатареи можно смело считать важным достижением в решении

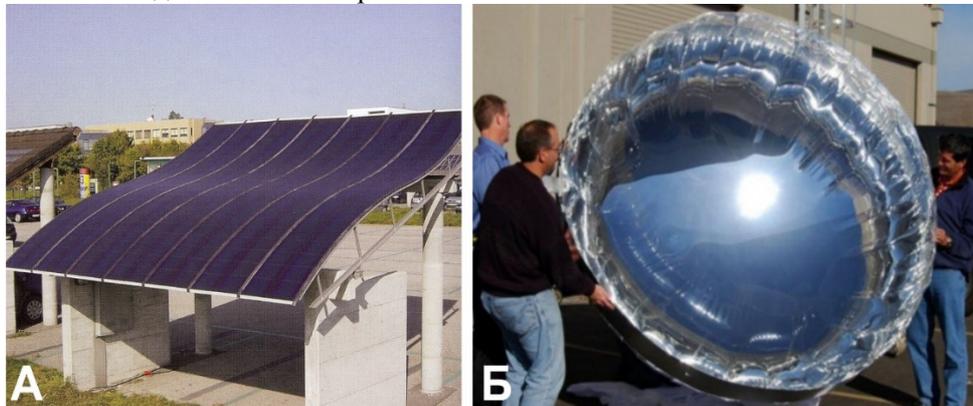


Рис. 8 А) Жидкие солнечные нанобатареи [26]; Б) Солнечные воздушные шары [27]

Интересной альтернативой для уже примелькавшихся солнечных батарей стала разработка Р. Ламкина «Солнечные воздушные шары», представляющая довольно простое и недорогое устройство (рис. 8, Б). Такое оборудование способно увеличить генерацию электроэнергии в 400 раз больше чем традиционные солнечные панели [6].

Помимо решения проблемы сбережения ресурсов в виде источников энергии, ученые сосредоточили свои силы на разработке новых конструктивных систем, обладающих большей прочностью и способных перекрывать большие площади, но при этом при возведении которых про-

вопроса сочетания бионического формообразования и экотехнологий (рис.8, А). Они могут покрывать весь открытый солнцу фасад здания любой конфигурации благодаря своей пластичности, что позволит получить максимальное количество энергии. Однако исследования в этой области еще не окончены [5].

исходило бы значительное снижение расхода материалов. Источником вдохновения вновь стала природа (рис. 9).

Технологические разработки на основе биологических конструкций (паутина, соты, муравейник) активно используются в наше время. К примеру, применение стальной паутины в гипербалоидах Шухова, применение конструкции сот в проекте жилого дома на Багамах, проект биоклиматического небоскреба для Рио-де-Жанейро (Термитник) демонстрирует применение такой конструкции как муравейник. Эти примеры обладают уникальными механическими свойствами: их легкость граничит с невероятными прочностными качествами [7, с 87].



Рис. 9. А) муравейник [28]; Б) гиперболоид Шухова [29]; В) висячее сетчатое покрытие Шухова (овальное здание) [30]; Г) жилой дом на Багамах [31]

**Заключение.** На рубеже XX–XXI вв. можно наблюдать активный синтез разрозненных методов экологического подхода в области повышения комфорта и экологичности городской среды. Данный междисциплинарный диалог можно рассматривать как предвестник рождения нового глобального архитектурного стиля, формирование которого уже началось. Это можно наблюдать при анализе создаваемых проектных решений объектов различного функционального назначения, объединенных общей идеологической линией. Подобно футуристическим проектам прошлых лет они опираются на новейшие инженерно-технические разработки, а также можно проследить связь с предыдущими находками в этой области. Так, к примеру, в проекте эко-города Масдар отчетливо просматривается сетчатое покрытие овального здания инженера Шухова, а в плавучем поселении Франция использовано давно известное нам оболочковое покрытие со стальной мембраной и вантовым хребтом применяемое на велотреках и стадионах, например, в Крылатовске. Используя новые разработки в области энергосбережения и аккумуляции природных ресурсов с уже известными нам приемами бионического формообразования можно создавать здания нового уровня, обеспечивающего человечеству возможность не только пережить экологические катастрофы, но и избежать их.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морелли Э.Г. Кодекс природы или Истинный дух ее законов / перевод с французского М.Е. Ландау. М.-Л.: изд-во Академии наук СССР, 1956. 304 с.
2. Уморица Ж.Э. Бионическая архитектура как уникальное явление XX–XXI вв. Приволжский научный журнал. Декабрь 2017. №4. С.36–43.
3. Витюк Е.Ю. В поисках идеального города. Екатеринбург: Архитектон, 2015. 156 с.
4. Здоровый дом: пространство, которое способствует здоровью и благополучию [Электронный источник]. Эконет.ру. URL: <http://econet.ru/articles/142191-zdorovyuy-dom-prostranstvo-kotoroe-sposobstvuet-zdorovuyu-i-blagopoluchiyu>
5. Ученые разработали жидкие солнечные батареи [Электронный источник] // Word Science. URL: <http://wordscience.org/>
6. Солнечные воздушные шары генерируют в 400 раз больше энергии, чем традиционные панели [Электронный источник] // Робовид.ру. URL: [http://rodovid.me/solar\\_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html](http://rodovid.me/solar_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html)
7. Виноградова Т.П., Авдеев С.Н. Код Шухова Нижний Новгород: Покровка. 7. 2013. 144 с.
8. Энергоэффективное здание «Commerzbank», Франкфурт-на-Майне, Германия [источник: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2856](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2856)]
9. Проект семейного дома ZEB Pilot House, Норвегия (разработчики: бюро Снехетта) [Электронный источник] – URL: <http://shkolaremonta.info/topics/samye-energoeffektivnye-doma-v-mire/>
10. «Умный дом» Била Гейтса в Вашингтоне [Электронный источник] URL: <http://compuzilla.ru/umnyye-doma/>
11. Гуанчжоу, «Башня жемчужной реки» [Электронный источник] – URL: <http://ecofriendly.ru/bashnya-zhemchuzhnaya-reka-nulevoi-neboskreb-v-kitae>
12. Дома-полленницы (технология – cordwoodmasonry или earthwood): А) офис студии звукозаписи Ханса Либерга (Hans Liberg) [Электронный источник] – URL: <http://tehne.com/event/koncepty/ofis-polennica>
13. Дома Джека Хенстрайджа (Henstridge House) [Электронный источник] – URL: [http://www.mensh.ru/henstridge\\_house](http://www.mensh.ru/henstridge_house)
14. Городские ворота Дюссельдорфа [Электронный источник]. URL: [http://img-fotki.yandex.ru/get/3406/264922533.1/0\\_135a5c\\_41ce8199\\_XL.jpg](http://img-fotki.yandex.ru/get/3406/264922533.1/0_135a5c_41ce8199_XL.jpg)
15. Многоэтажное жилое здание с низким энергопотреблением в Берлине, архитекторы Assmann, Solomon и Scheidt [Электронный источник] – URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3189](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3189)
16. Здание китайско-итальянского научно-исследовательского центра энергоэффективности на территории Университета Цинхуа в Пекине, Китай [Электронный источник]. URL: <https://hvoya.wordpress.com/2013/06/17/sieeb/>
17. Здание китайско-итальянского научно-исследовательского центра энергоэффективности на территории Университета Цинхуа в Пекине, Китай [[Электронный источник]. URL: <https://hvoya.wordpress.com/2013/06/17/sieeb/>
18. Генератор энергии воды (волн) [Электронный источник]. URL: <https://www.theengineer.co.uk/issues/sept-2012-online/engineering-opportunities-in-the-marine-renewables-sector/>
19. Интегрированные в черепицу солнечные батареи, Techtile [Электронный источник]. URL: [http://rodovid.me/eco\\_friendly\\_product\\_design/techtile-cherepica-kotoraya-mozhet-generirovat-energiyu-iz-vozobnovlyaemyh-istochnikov.html](http://rodovid.me/eco_friendly_product_design/techtile-cherepica-kotoraya-mozhet-generirovat-energiyu-iz-vozobnovlyaemyh-istochnikov.html)

20. Генераторы энергии глубоких подводных течений [Электронный источник]. URL: <http://futuristicnews.com/underwater-turbine-tested-successfully-in-scotland/>

21. Генераторы энергии ветра [Электронный источник]. URL: <http://www.mnn.com/greentech/research-innovations/blogs/japanese-break-through-will-make-wind-power-cheaper-than>

22. Масдар, проект будущего эко-города в Абу-Даби; [Электронный источник]. URL: <https://you-journal.ru/life/interesting/10-gorodov-budushhego-kotorye-budut-postroeny-v-blizhajshie-15-let>

23. Водоскреб; [Электронный источник] – URL: <http://animalworld.com.ua/news/Water-Scraper>

24. Проект озеленения Парижа [Электронный источник]. URL: <http://prohitech.ru/futuristicheskij-parizh-smart-city-so-svoej-novoj-kontseptsiej-umnogo-goroda-2050>

25. Плавающее поселение Франция [Электронный источник]. URL: <https://you-journal.ru/life/interesting/10-gorodov-budushhego-kotorye-budut-postroeny-v-blizhajshie-15-let>

26. Жидкие солнечные нанобатареи [Электронный источник]. URL: <http://www.sheltonproductions.com/doublet2/images/solar/grids/curved%20roof%20grid.jpg>

27. Солнечные воздушные шары [Электронный источник]. URL: [http://rodovid.me/solar\\_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html](http://rodovid.me/solar_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html)

28. Муравейник [Электронный источник] – URL: <http://archinews.ru/termitnik-mnogofunktionalnyiy-kompleks/>

29. Гиперболоид Шухова [Электронный источник]. URL: <http://russos.livejournal.com/1102231.html>

30. Жилой дом на Багамах [Электронный источник]. URL: <http://astid.ru/honeycomb/>

#### Информация об авторах

**Уморина Жанна Эдуардовна**, аспирант кафедры архитектуры, старший преподаватель кафедры основ архитектурного проектирования. E-mail: [umorina87@yandex.ru](mailto:umorina87@yandex.ru). Уральский государственный архитектурно-художественный университет. Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 23.

Поступила в ноябре 2018 г.

© Уморина Ж.Э., 2019

<sup>1,\*</sup>**Umorina J.E.**

<sup>1</sup>Ural state University Architectural and Art  
Russia, 620075, Ekaterinburg, Karla Libknekhta, 23

\*E-mail: [umorina87@yandex.ru](mailto:umorina87@yandex.ru)

## TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE BIONIC ARCHITECTURE

**Abstract.** *The development of scientific and technological progress in architecture gave the rise to a new phenomenon – the bionic architecture. Bionic architecture is based on already established methods of design in the framework of the "green standards"; it contributes to the improvement of the ecological balance of the environment and preservation of natural resources. The use of new technologies of construction, fabrication, design, alternative energy sources allowed to create this innovative style, which is essentially a branch of the ecological approach. The article reveals main achievements in the field of application of technical devices to increase the efficiency of resource use in architectural objects and their impact on morphogenesis.*

**Keywords:** *bionic architecture, engineering, ecology, form, comfort.*

### REFERENCES

1. Morelli E.G. The Code of Nature or the True Spirit of its Laws. Translation from French ME. Landau. M.-L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1956, 304 p.

2. Umorina J.E. Bionic architecture tour as a unique phenomenon of the XX–XXI centuries. Volga scientific journal. December, 2017, no. 4, pp. 36–43.

3. Vityuk E.Yu. In search of the perfect city. Ekaterinburg: Architecton, 2015, 156 p.

4. Healthy home: a space that contributes to health and well-being [Electronic source].

Ekonet.ru. URL: <http://econet.ru/articles/142191-zdorovyy-dom-prostranstvo-kotoroe-sposobstvuet-zdorovyu-i-blagopoluchiyu>

5. Scientists have developed liquid solar cells [Electronic source]. Word Sci-ence. URL: <http://wordscience.org/>

6. Solar balloons generate 400 times more energy than traditional panels [Electronic source] // Rodovid.ru. URL: [http://rodovid.me/solar\\_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html](http://rodovid.me/solar_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html)

7. Vinogradova T.P., Avdeev S.N., Shukhov Code, Nizhny Novgorod: Pokrovka, 7, 2013. 144 p.

8. Energy-efficient building “Commerzbank”, Frankfurt am Main, Germany [source:

[https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2856](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2856)

9. Family house project ZEB Pilot House, Norway (developers: Sne-hetta bureau) [Electronic source]. URL: <http://shkolaremonta.info/topics/samye-energoeffektivnye-doma-v-mire/>

10. "Smart Home" by Bill Gates in Washington [Electronic source] URL: <http://compuzilla.ru/umnye-doma/>

11. Guangzhou, "The Pearl River Tower" [Electronic source]. URL: <http://ecofriendly.ru/bashnyazhemchuzhnaya-reka-nulevoi-neboskreb-v-kitae>

12. House pollennitsy (technology - cordwood-masonry or earthwood): A) Office of the recording studio Hans Liberg (Hans Liberg) [Electronic source]. URL: <http://tehne.com/event/koncepty/ofispolennica>

13. Houses of Jack Henstrange (Henstridge House) [Electronic source]. URL: [http://www.mensh.ru/henstridge\\_house](http://www.mensh.ru/henstridge_house)

14. City gate of Dusseldorf [Electronic source]. URL: [http://img-fotki.yandex.ru/get/3406/264922533.1/0\\_135a5c\\_41ce8199\\_XL.jpg](http://img-fotki.yandex.ru/get/3406/264922533.1/0_135a5c_41ce8199_XL.jpg)

15. Multi-storey low-power residential building in Berlin, architects Assmann, Solomon and Scheidt [Electronic source]. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3189](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3189)

16. Building of the Chinese-Italian Research and Development Center for Energy Efficiency on the territory of Qing-Hua University in Beijing, China [Electronic source]. URL: <https://hvoya.wordpress.com/2013/06/17/sieeb/>

17. Building of the Chinese-Italian Energy Efficiency Research Center on the territory of Qing-hua University in Beijing, China [Electronic source]. URL: <https://hvoya.wordpress.com/2013/06/17/sieeb/>

18. Water (wave) power generator [Electronic source]. URL: <https://www.theengineer.co.uk/issues/sept-2012-online/engineering-opportunities-in-the-marine-renewables-sector/>

19. Tile-integrated solar panels, Techtile [Electronic source]. URL: [http://rodovid.me/eco\\_friendly\\_product\\_design/techtile-cherepica-kotoraya-mozhet-generirovat-energiyu-iz-voznobovlyaemyh-istochnikov.html](http://rodovid.me/eco_friendly_product_design/techtile-cherepica-kotoraya-mozhet-generirovat-energiyu-iz-voznobovlyaemyh-istochnikov.html)

20. Energy generators of submerged underwater flows [Electronic source]. URL: <http://futuristic-news.com/underwater-turbine-tested-successfully-in-scotland/>

21. Wind power generators [Electronic source]. URL: <http://www.mnn.com/green-tech/research-innovations/blogs/japanese-breakthrough-will-make-wind-power-cheaper-than>

22. Masdar, a future eco-city project in Abu Dhabi; [Electronic source] - URL: <https://you-journal.ru/life/interesting/10-gorodov-budushhego-kotorye-budut-postroeny-v-blizhajshie-15-let>

23. Drain tower; [Electronic source]. URL: <http://animalworld.com.ua/news/Water-Scraper>

24. Paris landscaping project [Electronic source]. URL: <http://prohitech.ru/futuristicheskij-parizh-smart-city-so-svoej-novoj-kontseptsiej-umnogo-goroda-2050>

25. Floating settlement France [Electronic source]. URL: <https://you-journal.ru/life/interesting/10-gorodov-budushhego-kotorye-budut-postroeny-v-blizhajshie-15-let>

26. Liquid solar nano batteries [Electronic source]. URL: <http://www.sheltonproductions.com/doublet2/images/solar/grids/curved%20roof%20grid.jpg>

27. Solar balloons [Electronic source] - URL: [http://rodovid.me/solar\\_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html](http://rodovid.me/solar_power/solnechnye-vozdushnye-shary.html)

28. Anthill. URL: <http://archinews.ru/termitnik-mnogofunktionalnyiy-kompleks/>

29. Hyperboloid Shukhov. URL: <http://russos.livejournal.com/1102231.html>

30. Residential building in the Bahamas [Electronic source]. URL: <http://astid.ru/honeycomb/>

#### *Information about the authors*

**Umorina, Zhanna E.** Postgraduate student. E-mail: [umorina87@yandex.ru](mailto:umorina87@yandex.ru). Ural state architectural-art University. Russia, 620075, Ekaterinburg, Karla Libknekhta, 23.

*Received in November 2018*

#### **Для цитирования:**

Уморина Ж.Э. Технологические особенности бионической архитектуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 3. С. 69–77. DOI: 10.34031/article\_5ca1f632425466.42246350

#### **For citation:**

Umorina J.E. Technological features of the bionic architecture. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 3, pp. 69–77. DOI: 10.34031/article\_5ca1f632425466.42246350