

УДК 72.036

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-29-41

*Д.С. ПАРШУКОВ, С.М. РЕМАРЧУК,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОГО СТИЛЯ BIO-TECH И ЕГО ХАРАКТЕРНЫЕ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Статья посвящена проблемам «природного» формообразования в архитектуре. К настоящему времени по этой тематике уже опубликовано немало научных работ, в том числе и публикаций, посвященных «органической» архитектуре, японскому метаболизму, постмодернизму, архитектурной бионике, Hi-Tech и т. д. Отличительной особенностью данного исследования является обращение автора к стилю Bio-Tech, получившему огромную популярность в современной архитектуре.

В ходе исследования осуществлен обзор архитектурных стилей и направлений XX–XXI вв. и уточнено место стиля Bio-Tech среди других архитектурных стилей, также уточнено, как другие стили воздействовали на его возникновение и дальнейшее развитие. Выполнен обзор основных особенностей стиля Bio-Tech, и на основе сравнения с архитектурой стиля Hi-Tech были выявлены его основные отличия. Данные для общего исследования и сравнительного анализа взяты из печатных и интернет-источников, а также из собственных наблюдений за примерами практической реализации принципов Bio-Tech в произведениях современных архитекторов (Н. Фостера, Х. Сеносиана, С. Калатравы и др.).

Результаты исследования продемонстрировали широкие возможности использования стиля Bio-Tech в архитектуре самых различных зданий. Этот опыт, дополнивший наши познания в области бионического проектирования, сможет найти широкое применение в учебном, конкурсном (концептуальном) и в реальном проектировании.

Ключевые слова: «органическая» архитектура; архитектурная бионика; стиль Hi-Tech; стиль Bio-Tech.

Для цитирования: Паршуков Д.С., Ремарчук С.М. Этапы развития архитектурного стиля Bio-Tech и его характерные отличительные особенности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 29–41.

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-29-41

*D.S. PARSHUKOV, S.M. REMARCHUK,**Tomsk State University of Architecture and Building*

BIO-TECH ARCHITECTURE DEVELOPMENT AND ITS CHARACTERISTICS

Design/methodology/approach. This article is devoted to the problems of natural morphogenesis in architecture. To date, many scientific papers have already been published in the field, including those devoted to organic architecture, Japanese metabolism, postmodernism, architectural bionics, hi-tech, etc. This study is the author's appeal to the bio-tech style, which has received a huge polarity in modern architecture. **Research findings.** This paper reviews and studies architectural styles and trends of the 20–21st centuries and determines the place of the bio-tech style among other architectural styles. It shown how other styles influence its appearance and further development. The review is based on a comparison of the hi- and bio-tech styles. The data for the general study and comparative analysis are taken from written and Internet sources as well as the authors' observations of the practical implementation of the bio-tech principles in the works of modern architects (N. Foster, H. Senosian, S. Calatrava). The research results demonstrate wide possibilities of using the bio-tech style in a wide variety of buildings. The obtained results can find wide application in educational, competitive (conceptual) and real design.

Keywords: organic architecture; architectural bionics; hi-tech style; bio-tech style.

For citation: Parshukov D.S., Remarchuk S.M. Etapy razvitiya arkhitekturnogo sti-lya Bio-Tech i ego kharakternye otlichitel'nye osobennosti [Bio-tech architecture development and its characteristics]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 29–41.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-29-41

Считается, что на формирование архитектурного стиля Bio-Tech оказала влияние бионика – прикладная наука, которая активно использует опыт заимствования некоторых свойств и функций живой природы при решении сложных технических вопросов. Наряду с этим считается, что Bio-Tech тесно связан с «органической» архитектурой. Эти понятия и предположения не являются точными и не могут в полной мере обеспечить понимание развития и становления стиля. Для подробного изучения данной проблемы нам необходимо обратиться к схеме развития и расположения стиля Bio-Tech среди других стилей (рис. 1).

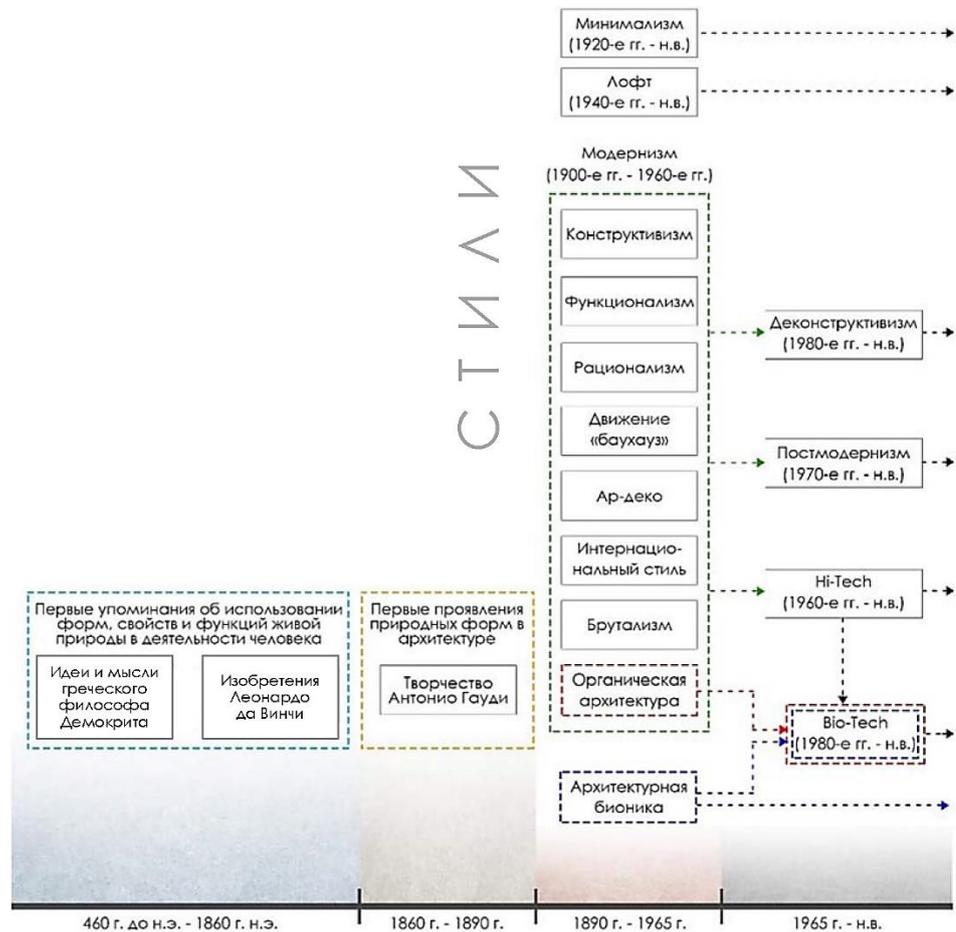


Рис. 1. Схема развития и расположения стиля Bio-Tech среди других стилей (схему выполнил Д.С. Паршуков)

Зарождение принципов взаимосвязи культурной деятельности человека и природы можно считать с умозаключений древнегреческого философа Демокрита (ок. 460–370 гг. до н. э.) Он писал: «От животных мы путем подражания научились важнейшим делам. Мы ученики паука в ткацком и портняжных ремеслах, ученики ласточки в построении жилищ...» [1]. Исходя из высказывания можно сделать вывод, что для улучшения условий своей жизни человек вынужден обращаться к природе, брать из нее все необходимое и, соответственно, взаимодействовать с ней.

Следующий реальный шаг к развитию бионического направления человек сделал в эпоху Возрождения. Принципы, характеризующие бионическое направление, использовал Леонардо да Винчи (1452–1519) при создании моделей летательных аппаратов (идея возникла в результате наблюдения ученым за полетом птиц) (рис. 2).

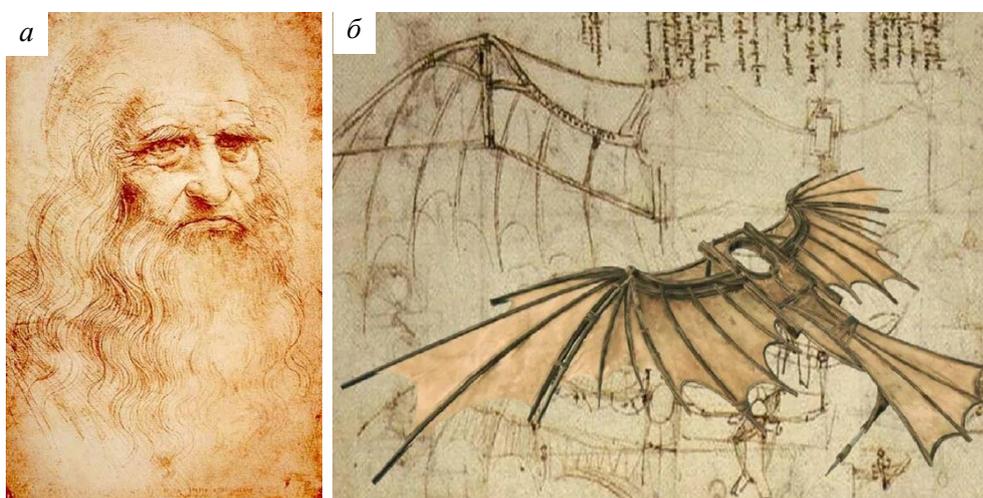


Рис. 2. Леонардо да Винчи (1452–1519). Зарисовка (а) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>); летательный аппарат «орнитоптер», спроектированный Леонардо да Винчи, зарисовка + комп. модель (б) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>)

Основы теории применения природных форм в архитектуре, по мнению многих исследователей, принадлежат испанскому архитектору Антонио Гауди (1852–1926) (рис. 3), в его творчестве прослеживались черты, которые не подошли ни на один из существующих архитектурных стилей того времени [9]. Произошло нарушение устоявшихся традиций, появилась ярко выраженная концепция сходства стилизованных черт романтизма и модерна в архитектуре с природными аналогами. В начале XX в. Парк Гюэль (1900–1914 гг.) архитектора А. Гауди считался сенсацией для европейской архитектуры. При проектировании сохранялся сложный горный ландшафт, в который была грамотно интегрирована система дорог, галерей с опорами, которые по форме походили на деревья (рис. 3).



Рис. 3. Архитектор А. Гауди Фото (а) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>); колонны, по форме похожие на деревья, в парке Гюэль (Испания) (б) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>)

На схеме становления стиля Bio-Tech в контексте развития архитектурной бионики и органической архитектуры (рис. 4) наиболее подробно показано формирование нового научного направления, архитектурных течений и стилей, которые оказали непосредственное влияние на появление и развитие стиля Bio-Tech в архитектуре.

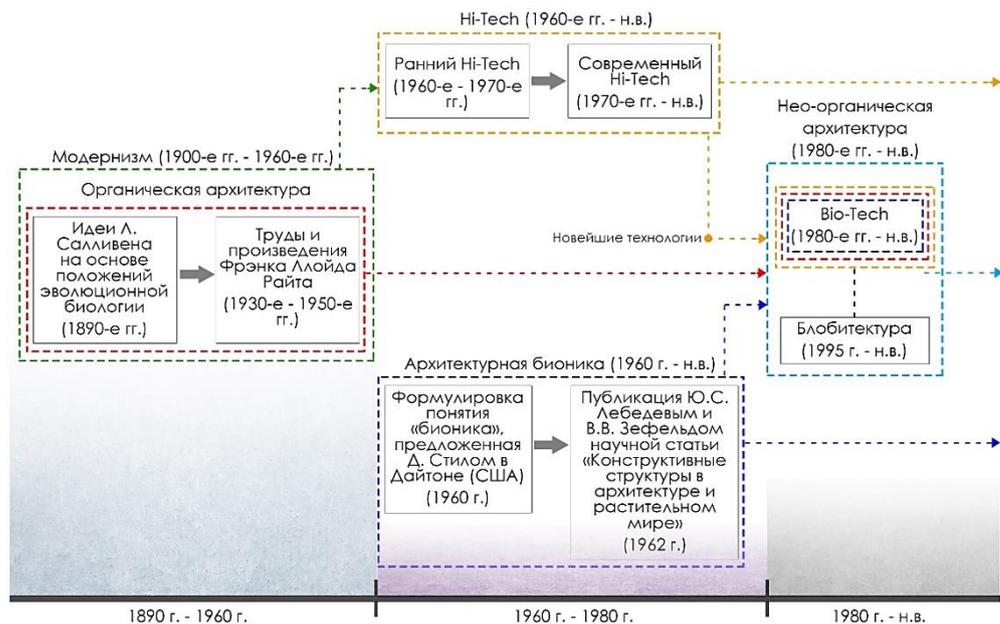


Рис. 4. Схема становления стиля Bio-Tech в контексте развития архитектурной бионики и «органической» архитектуры (схему выполнил Д.С. Паршуков)

В конце XIX в. на фоне развития эклектических архитектурных стилей появилось и начало развиваться направление «органическая архитектура». Это

направление можно считать новым течением архитектурной мысли, которое было сформулировано Луисом Салливенем (1856–1924). За основу формулировки были взяты труды и положения эволюционной биологии, созданные в 1890-е гг. Более полное воплощение определение «органическая архитектура» получило в трудах последователя Л. Салливена – Фрэнка Ллойда Райта в 1930–1950-е гг. В большинстве авторских публикаций и публичных выступлений Ф.Л. Райт именовал теорию сочетанием «organic architecture» [2]. При этом необходимо уточнить, что термин «organic» может трактоваться двумя способами:

– «органический» – обладающий живым началом или подобный природному организму;

– «органичный» (греч. *harmonic*, гармоничный) – имеющий глубокие корни, цельный, естественный, закономерный.

Ф.Л. Райт (1867–1959) (рис. 5) был привержен ко второму определению, первой трактовке он не придавал большого значения. Например, в интервью телевидению США он заявил: «Мы не употребляем слово «organic» в смысле «принадлежащий к растительному или животному миру». «Органичное» – значит существенное, внутреннее... целостность в философском смысле... где природа материалов, природа всего осуществляемого становится ясной, выступая как необходимость...» [2, с. 32].

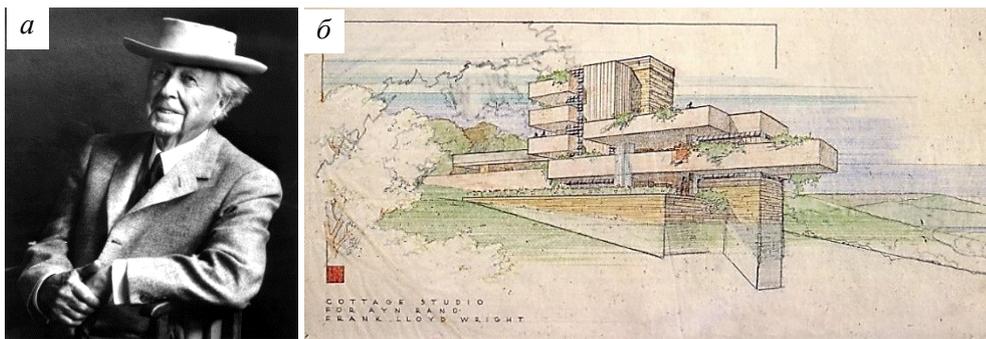


Рис. 5. Архитектор Ф.Л. Райт (1867–1959). Фото (а) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>); один из «домов прерий». Зарисовка Ф.Л. Райта (б) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>)

Ф.Л. Райт открыто поддерживал идею непрерывности пространства, созданного архитектурой, и поэтому предлагал отойти от устоявшихся принципов ярко выраженного выделения здания и его элементов на фоне окружающей среды, доминировавших в европейской архитектуре со времён эпохи Возрождения. По мнению Ф.Л. Райта, форма здания должна строиться на основе его специфических функций и назначения, а также на основе неповторимых условий природной среды, в которых это здание возводится. Из теории Ф.Л. Райта следует сделать вывод, что основной принцип, свойственный органической архитектуре, заключается не в прямом копировании свойств и функций живой природы. Принцип заключается в гармоничном взаимодействии архитектуры и природы, в органичной взаимосвязи этих двух понятий. Например, грамотное

вписывание проектируемого объекта в природный ландшафт, применение естественных материалов, озеленение фасадов, крыш. В качестве доказательства можно обратиться к реализованному творчеству Ф.Л. Райта: его «дома прерий» (рис. 5) в своем облике и функциональности выступают естественным продолжением именно той природной среды, в которой они реализованы. Такой способ можно сравнивать с развивающейся и продолжающей природу эволюционной формой естественных организмов.

В Европе представителем, активно следующим принципам «органической» архитектуры, был финский архитектор и дизайнер Алвар Хуго Хенрик Аалто (1898–1976).

Почти сразу после возникновения теории «органической» архитектуры в мире начало развиваться новое направление в научной сфере, известное как бионика. Само название «бионика» или «биомиметика» было предложено учёным из США Джеком Стилом и принято на I симпозиуме по бионике, проходившем в г. Дайтоне (США) 13 сентября 1960 г., в котором также приняли участие ученые из СССР: А.И. Берг (1893–1979), Б.С. Сотсков (1908–1972) и др. Бионике был присвоен символ: скрещенные паяльник, скальпель и знак интеграла – это союз биологии, техники и математики (рис. 6). Первыми сделали шаг в вопросе взаимосвязи архитектуры и бионики начинающие архитекторы СССР Ю.С. Лебедев (1921–1990) (рис. 6) и В.В. Зефельд.

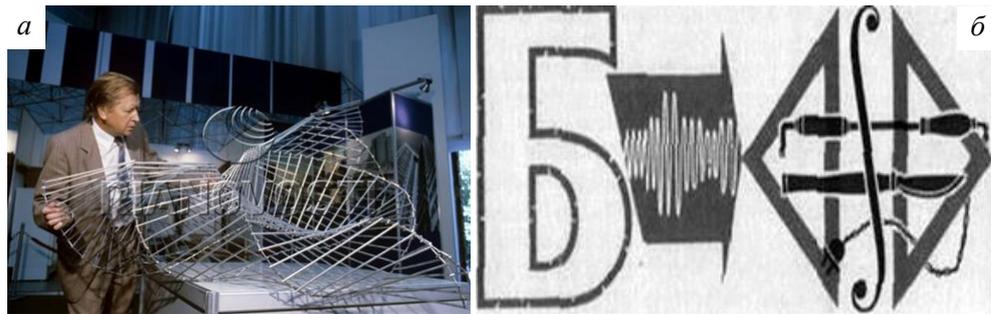


Рис. 6. Архитектор Ю.С. Лебедев. Фото (а) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>); символ бионики: скрещенные паяльник, скальпель и знак интеграла. Зарисовка (б) (URL: <https://yandex.ru/images/search?text=>)

В 1962 г. ими была опубликована статья «Конструктивные структуры в архитектуре и в растительном мире» [3]. Это означало появление новой самостоятельной области в науке, которая позволяла бы решать как технические, так и архитектурные задачи. Через какое-то время эта область в науке по аналогии с технической бионикой была названа Ю.С. Лебедевым сначала «строительной бионикой», затем благодаря открывшемуся диапазону ее возможностей – «архитектурно-строительной бионикой» [4], а позже – «архитектурной бионикой» [5, 6]. В основе архитектурной бионики, как и бионики технической, стало лежать природное формообразование. Ведущим методом архитектурной бионики стал метод функциональных аналогий, который основан на сопоставлении принципов и средств формообразования архитектуры и живой природы

[7, 8,10]. В настоящее время возможности данного метода раскрыты не полностью, но благодаря энтузиазму ученых и наличию уже имеющегося практического опыта в этом направлении в России и за рубежом открываются широкие перспективы решения актуальных архитектурных проблем с помощью заимствования свойств и функций объектов живой природы.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в отличие от принципов органической архитектуры принципы архитектурной бионики позволяют «копировать» формы и функции живой природы не только внешне, но и конструктивно.

В конце XX в. развитие «высоких» технологий привело к появлению нового стиля в архитектуре и строительстве – *Ni-Tech*. Крупнейшие города всего мира быстро заполнили постройки, выполненные в традициях нео-конструктивизма. Внешне они напоминали «правильные» геометрические фигуры, технические и бытовые приборы, составные элементы и детали компьютерной техники [11]. Большинство этих зданий и сооружений было оборудовано новейшими системами жизнеобеспечения (альтернативные источники электроэнергии, отопления и водоснабжения, трансформируемые и антисейсмические конструкции, беспроводные средства связи и информационные технологии). Закономерным развитием стиля *Ni-Tech* в архитектуре стало строительство аналогичных по технической оснащенности зданий, но внешне они стали напоминать те или иные живые организмы. Именно этот «нео-органический» стиль, получивший название *Bio-Tech*, стал основной темой нашего исследования.

Природные аналоги в стиле *Bio-Tech* могут иметь самый различный характер. Во-первых, объем здания или пространственная структура градостроительного комплекса может напоминать те или иные фрагменты природного пейзажа (скалы, застывшая вулканическая лава, коралловые атоллы и т. п.). Во-вторых, архитектурные постройки могут имитировать форму тех или иных живых существ. В-третьих, здания могут быть украшены имитациями наружного покрова животных или растений (древесная кора, чешуя рыбы, змеи или ящерицы, панцирь черепахи и т. п.) либо походить на постройки животных (пчелиные соты, жилища муравьев и термитов, птичьи гнезда, паутину и т. п.) [12]. *Bio-Tech* можно трактовать как архитектурный стиль, воплощающий философскую концепцию, которая ратует за создание современного и функционального пространства для жизни человека как наиболее совершенного творения природы. В концепции и архитектуре такого стиля объединяются принципы архитектурной бионики и «органической» архитектуры.

В перспективе стиль *Bio-Tech* представляет собой архитектуру зданий, которые характеризуются комфортом и энергоэффективностью. Конечно, постройки, выполненные в данном стиле, оснащаются всеми системами жизнеобеспечения. Поэтому во многих произведениях стиля *Bio-Tech* широко применяются солнечные батареи, вентиляционные системы, озелененные террасы, коллекторы, в которые собирается дождевая вода, поддерживается естественное освещение. В интерьерах, выполняемых в стиле *Bio-Tech*, дизайнеры стремятся создать пространство, в котором доминируют свободные «природные» линии и пластичные криволинейные объемы. Здесь также приветствуются новейшие технические приборы и интерактивные модули, которые способны работать с использованием альтернативных источников энергии [13].

Второй этап нашего исследования заключался в выявлении сходств и различий в стилистических особенностях двух новых стилей – Hi-Tech и Bio-Tech. Для сравнительного анализа были использованы интернет-ресурсы, материалы научных публикаций ученых-архитекторов, работающих в сфере архитектурной бионики (Ю.С. Лебедев, Е.Н. Поляков и др.); в качестве наглядных примеров были взяты проекты наиболее известных мировых архитекторов (С. Калатрава [14], Н. Фостер, Н. Гримшоу, Р. Роджерс и др.). В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы.

Формообразование

Bio-Tech не поддерживает прямолинейность, отвергает наличие резких линий и острых углов. Вместо строгих и четких элементов используются плавные и «текущие» линии, биоморфные криволинейные формы, оболочки, самоподобные фрактальные формы [15]. Одна из основных задач стиля – это экономически оправданное и достойное эстетическое решение вышесказанных особенностей.

В архитектуре Hi-Tech приветствуются строгие, четкие и прямолинейные элементы как в интерьере, так и в экстерьере [15]. Здания напоминают «правильные» многоугольники. В организации планировки преобладают такие понятия, как функционализм и многофункциональность.

Используемые материалы

В стиле Bio-Tech используются натуральные экологически чистые материалы: глина, ракушечник, мрамор, дерево, бамбук, хлопок и т. д. Фактуры природных структур, таких как ветви деревьев, солома, волокна, должны заменить традиционные ровные матовые и глянцевые поверхности.

В Hi-Tech применяются высокотехнологичные материалы, материалы, символизирующие развитие технического прогресса: металл, стекло, пластик, поликарбонат, глянцевые лаковые покрытия.

Цветовое решение

Цветовая палитра Bio-Tech смягчает асимметричность композиции и подчеркивает естественность линий. Цвет не должен быть ярким и «конкретным», он должен быть психологически ассоциирован с живой природой: с травой, водой, небом, землей и др. Часто используемые цвета: розовый, зеленый, голубой, оранжевый. Грамотный выбор цвета дополняется внесением природных мотивов в отделку фасадов и помещений, сделанных из натуральных материалов (например, использование обоев из высушенных листьев).

В стиле Hi-Tech как в интерьере, так и в экстерьере прослеживается преобладание холодных оттенков цвета (приветствуются монохромные оттенки). Четко выражено выделение цветовых акцентов. Светлые оттенки представлены в виде белых, серых, бежевых, молочных тонов. Выбор акцентного цвета непринципиален, но должен быть использован в умеренном количестве: желтый, красный, синий, зеленый, оранжевый. Акцентами могут являться отдельные фасадные элементы или предметы мебели. Декор обходится без орнаментов.

Особенности генерального плана

В стиле Bio-Tech сближение с природой происходит за счет использования натуральных элементов декора, представленных в виде отдельно лежащих камней или зимнего сада; сохранение природных элементов, присутствующих в зоне проектирования, и включение их в общую композицию генерального плана, облика здания или его планировки. Здание интегрировано в природный ландшафт [16].

Частота практической реализации стилей

В настоящее время процент практической реализации архитектуры стиля Bio-Tech уступает предшествовавшему ему стилю Hi-Tech ввиду новизны и недавнего развития «природного» стиля. Дороговизна и сложность изготовления конструкций. Сложность обеспечения функциональности помещений и создания грамотной энергоэффективной планировки. Дорогое обслуживание зданий. В настоящее время стиль Bio-Tech находится на стадии становления, и его исследовательская составляющая преобладает над практической. В стиле Hi-Tech присутствует большая возможность использования типовых конструкций вследствие несложной прямолинейной формы.

Особенности двух стилей в интерьере

В архитектуре Bio-Tech практически полностью наблюдается отсутствие симметрии в интерьере. Внутренняя обстановка отличается экологичностью, обязательно введение в композицию интерьера зеленых насаждений (комнатных растений). Одна из функций интерьеров в стиле Bio-Tech – это создание ощущения единения с природой в разных условиях: индивидуальный дом, квартира или «loungе-зона» в офисе. Природные материалы, используемые в интерьерах, способствуют расслаблению и ощущению гармонии.

Дизайн в стиле Hi-Tech приветствует однотонные стены, оштукатуренные или окрашенные в светлые тона. Обои применять не рекомендуется, в качестве аналога можно использовать имитацию кирпичной кладки – это довольно распространенный прием. В качестве напольного покрытия чаще применяются монохромные ковровые покрытия, синтетический линолеум, плитка. Важно, чтобы элементы интерьера представляли собой гармоничное сочетание простейших геометрических фигур. В гостиной может быть диван-трансформер, а однотонная тканевая или кожаная обивка мебели придаст интерьеру строгости. Корпусная мебель должна быть вместительной и компактной, полки выделены подсветкой. Светильники в Hi-Tech должны быть легкими и простыми в изготовлении. Большой популярностью пользуются подвесные и встроенные галогенные лампы. Натяжные системы задают геометрию окружающего пространства, грамотно направляя свет, излучаемый искусственными источниками. Использование энергосберегающих ламп – одна из составляющих идеологии стиля. Интерьер в стиле Hi-Tech имеет много сходств со стилем лофт, но лофт – это стиль более узкой направленности.

Объединяющий фактор стилей Hi-Tech и Bio-Tech

Несмотря на ярко выраженные различия со стилем Hi-Tech, идеология Bio-Tech поддерживает минимализм деталей и приветствует использование

сверхсовременной техники как в интерьере, так и в экстерьере [15, 16]. В основе стиля Bio-Tech, как и Hi-Tech, лежит создание грамотной и уникальной композиции форм, но с использованием природных элементов декора и натуральных материалов.

Чтобы упорядочить основные черты стиля Bio-Tech и четко определить его основные отличия от архитектуры стиля Hi-Tech, необходимо обратиться к сводной таблице.

Сводная таблица основных черт стилей Hi-Tech и Bio-Tech

Особенности стиля Bio-Tech	Особенности стиля Hi-Tech
Формообразование	
Плавные и «текущие» линии и в интерьере, и в экстерьере, биоморфные криволинейные формы, оболочки, самоподобные фрактальные формы [15]	Строгие, четкие и прямолинейные элементы как в интерьере, так и в экстерьере [15]
Используемые материалы	
Натуральные экологически чистые материалы: глина, ракушечник, мрамор, дерево, бамбук, хлопок и т. д.	Высокотехнологичные материалы: металл, стекло, пластик, поликарбонат, глянцевые, лаковые покрытия и т. д.
Цветовое решение	
Часто используемые цвета: розовый, зеленый, голубой, оранжевый, другие пастельные оттенки	Преобладание холодных оттенков цвета (приветствуются монохромные оттенки). Выбор акцентного цвета должен быть использован в умеренном количестве: желтый, красный, синий, зеленый, оранжевый
Частота практической реализации	
Процент практической реализации архитектуры Bio-Tech уступает стилю Hi-Tech ввиду новизны и недавнего развития «природного» стиля. Дороговизна и сложность изготовления конструкций. Сложность обеспечения функциональности помещений и создания грамотной энергоэффективной планировки	Присутствует большая возможность использования типовых конструкций вследствие несложной прямолинейной формы
Особенности двух стилей в интерьере	
Практически полное отсутствие симметрии в интерьере. Обстановка отличается экологичностью, обязательно введение в композицию интерьера зеленых насаждений. Одна из функций интерьера Bio-Tech – создание ощущения единения с природой в разных условиях	Дизайн приветствует однотонные стены, оштукатуренные или окрашенные в светлые тона. Важно, чтобы элементы интерьера представляли собой гармоничное сочетание простейших геометрических фигур. Натяжные системы задают геометрию окружающего пространства
Объединяющий фактор двух стилей	
Приветствуется использование сверхсовременной техники как в интерьере, так и в экстерьере [15,16]	

В результате исследования и сравнительного анализа нами была определена некая логическая цепочка, поясняющая развитие нео-органической архитектуры и стиля Bio-Tech.

1. Показано, что в основе «органической», а в данный момент уже в основе «нео-органической» архитектуры лежит философская концепция, которая ратует за создание нового пространства для жизни человека – наиболее совершенного творения природы. Архитекторы, следующие этой концепции, стараются проектировать здания и сооружения так, чтобы они являлись естественным продолжением природы и не вступали с нею в необратимый экологический конфликт. Большинство этих объектов оборудовано новейшими системами жизнеобеспечения (альтернативные источники электроэнергии, отопления и водоснабжения, трансформируемые и антисейсмические конструкции, беспроводные средства связи и информационные технологии).

2. Установлено, что природные аналоги в стиле Bio-Tech могут иметь самый различный характер. Во-первых, объем здания или пространственная структура градостроительного комплекса может напоминать те или иные фрагменты природного пейзажа (скалы, застывшая вулканическая лава, коралловые атоллы и т. п.). Во-вторых, архитектурные постройки могут имитировать форму тех или иных живых существ. В-третьих, здания могут быть украшены имитациями наружного покрова животных или растений (древесная кора, чешуя рыбы, змеи или ящерицы, панцирь черепахи и т. п.) либо походить на постройки животных (пчелиные соты, жилища муравьев и термитов, птичьи гнезда, паутину и т. п.). Рассмотрены наиболее характерные примеры реализации стиля Bio-Tech в современной архитектуре. В дальнейшем изучение примеров практической реализации стиля Bio-Tech будет продолжено; будут также определены градостроительные и типологические границы их применения.

В заключение следует отметить, что «нео-органическая» архитектура и стиль Bio-Tech являются новейшей и достаточно перспективной отраслью «природного» моделирования в архитектуре. Потенциальные возможности стиля Bio-Tech требуют самого пристального внимания и изучения. Законы гармоничной взаимосвязи архитектуры и природы, открытые еще в античном зодчестве и развитые в современных «природных» стилях, помогут воссоздать богатство естественных образов окружающей среды и, самое главное, сохранить красоту этого мира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виц Б.Б. Демокрит. Москва : Мысль, 1979. 36 с.
2. Райт Ф.Л. Будущее архитектуры : пер. с англ. Москва : Госиздат литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. 247 с.
3. Васильков Г.В. Эволюционная теория жизненного цикла механических систем. Теория сооружений. Москва : Изд-во ЛКИ, 2008. 320 с.
4. Лебедев Ю.С. Строительная техника природы // Декоративное искусство СССР. 1966. № 7.
5. Лебедев Ю.С. Бионический метод в архитектуре // Архитектура СССР. 1970. № 6.
6. Лебедев Ю.С., Вознесенский С.Б., Гоциридзе О.А. От биологических структур к архитектуре. Москва : Знание, 1971. 32 с.
7. Ефимов Д.Д., Фахрутдинова И.А. Истоки и направления советского модернизма: [арх. 7 сентября 2019] // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 1 (43). С. 28–40.

8. Лебедев Ю.С., Зефельд В.В. Конструктивные структуры в архитектуре и в растительном мире // Советская архитектура. Москва : Стройиздат, 1962.
9. Поляков Е.Н., Дончук Т.В. «Бионические» новации Антонио Гауди в архитектуре доходных домов Ботинес и Кальвет // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 3. С. 9–29. URL: <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-3-9-29>
10. Лебедев Ю.С., Рабинович В.И., Положай Е.Д. и др. Архитектурная бионика / под редакцией Ю.С. Лебедева. Москва : Стройиздат, 2005. 270 с.
11. Уилкинсон Ф. Архитектура. 50 идей, о которых нужно знать / пер. с англ. Ш. Мартыновой. Москва : Фантом Пресс, 2014. 208 с.
12. Маслов В.Н. Пропорции и конфигурации в природе, архитектуре и дизайне. Ухта : Изд-во УГТУ, 2007. 55 с.
13. Ведюшкина А.М. Новейшая архитектура. Москва : Изд-во: АСТ, 2008. 192 с.
14. Поляков Е.Н., Дончук Т.В. Бионические аспекты в творчестве Сантьяго Калатравы // Архитектон: известия вузов (электрон. журн.) / Урал. гос. архитектурно-худож. академия. Екатеринбург. 2017. № 57. Март. URL: http://archvuz.ru/2017_1/3
15. Паршуков Д.С., Поляков Е.Н. Био-Тек – одна из составляющих архитектурно-строительной бионики // Материалы III Международной научной конференции студентов и молодых ученых. Томск : ТГАСУ, 2016. С. 738–748. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28797578>
16. Паршуков Д.С., Поляков Е.Н. Био-Тек. Формы и конструкции в архитектурно-строительной бионике // Материалы 63-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых (УНТК-2017). Томск : ТГАСУ, 2017. С. 500–514. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32509979>

REFERENCES

1. Vits B.B. Demokrit [Demokritus]. Moscow: Mysl', 1979. 36 p. (rus)
2. Wright F.L. Budushcheye arkhitektury [The future of architecture]. Moscow: Stroiizdat, 1960. 247 p. (transl. from Engl.)
3. Vasil'kov G.V. Evolyutsionnaya teoriya zhiznennogo tsikla mekhanicheskikh system. Teoriya sooruzheniy [Evolution theory of mechanical systems lifetime. Theory of constructions]. Moscow: LKI, 2008. 320 p. (rus)
4. Lebedev Y.S. Stroitel'naya tekhnika prirody. [Construction in nature]. *Dekorativnoye iskusstvo SSSR*. 1966. No. 7. (rus)
5. Lebedev Y.S. Bionicheskiy metod v arkhitekture [Bionic method in architecture]. *Arkhitektura SSSR*. 1970. No. 6. (rus)
6. Lebedev Y.S., Voznesenskiy S.B., Gotsiridze O.A. Ot biologicheskikh struktur k arkhitekture [From biological structures to architecture]. Moscow: Znaniye, 1971. 32 p. (rus)
7. Yefimov D.D., Fakhrutdinova I.A. Istoki i napravleniya sovetskogo modernizma [Origins and trends in Soviet modernism]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2018. No. 1 (43). Pp. 28–40. (rus)
8. Lebedev Y.S., Zefel'd V.V. Konstruktivnyye struktury v arkhitekture i v rastitel'nom mire [Structures in architecture and plant world]. Moscow: Stroyizdat, 1962. (rus)
9. Polyakov E.N., Donchuk T.V. Bionicheskie novatsii Antonio Gaudi v arkhitekture dokhodnykh domov Botines i Kal'vet [Bionic innovations by Antonio Gaudi in architecture of Botines and Calvet tenement houses]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 3. Pp. 9–29. (rus)
10. Lebedev Y.S. (Ed.), Rabinovich V.I., Polozhay E.D. Arkhitekturnaya bionika [Architectural bionics]. Moscow: Stroyizdat, 2005. 270 p.
11. Wilkinson P. Arkhitektura. 50 idey, o kotorykh nuzhno znat' [50 architecture ideas you really need to know]. Moscow: Fantom Press, 2014. 208 p. (transl. from Engl.)
12. Maslov V.N. Proportsii i konfiguratsii v prirode, arkhitekture i dizayne [Proportions and configurations in nature, architecture and design]. Ukhita: UGTU, 2007. 55 p. (rus)
13. Vedyushkina A.M. Noveyshaya arkhitektura [The latest architecture]. Moscow: AST, 2008. 192 p. (rus)

14. Polyakov E.N., Donchuk T.V. Bionicheskiye aspekty v tvorchestve Sant'yago Kalatravy [Bionic aspects in the work of Santiago Calatrava]. *Arkhitekton*. 2017. No. 57. (rus)
15. Parshukov D.S., Polyakov E.N. Bio-Tek – odna iz sostavlyayushchikh arkhitekturno-stroitel'noy bioniki [Bio-tech is an architectural and construction bionics component]. In: Materialy III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Proc. 3rd Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). Tomsk: TSUAB, 2016. Pp. 738–748. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28797578> (rus)
16. Parshukov D.S., Polyakov E.N. Bio-Tek. Formy i konstruksii v arkhitekturno-stroitel'noy bionike [Bio-tech. Forms and designs in architectural and construction bionics]. In: Materialy 63-oy Universitetskoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Proc. 63rd Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). Tomsk: TSUAB, 2017. Pp. 500–514. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32509979> (rus)

Сведения об авторах

Паршуков Дмитрий Сергеевич, студент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, parshukov.di@yandex.ru

Ремарчук Сергей Михайлович, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, nate_grey@sibmail.com

Authors Details

Dmitry S. Parshukov, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, parshukov.di@yandex.ru

Sergei M. Remarchuk, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nate_grey@sibmail.com