

МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ)

На правах рукописи



Гридюшко Анна Дмитриевна

**БИОМИМЕТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ В АРХИТЕКТУРНОМ
ПРОЕКТИРОВАНИИ**

05.23.21 - Архитектура зданий и сооружений.
Творческие концепции архитектурной деятельности

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата архитектуры

Москва – 2013

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)» на кафедре «Архитектура промышленных зданий»

Научный руководитель: кандидат архитектуры, профессор

Мамлеев Оскар Раульевич

Официальные оппоненты:

Ефимов Андрей Владимирович

доктор архитектуры, профессор,

ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный

институт (государственная академия)», заведующий

кафедрой «Дизайн архитектурной среды»

Валкин Борис Лазаревич

кандидат архитектуры, профессор,

Центральный научно-исследовательский и

проектно-экспериментальный институт

промышленных зданий и сооружений (ОАО

ЦНИИПромзданий), руководитель архитектурно-

дизайнерской мастерской

Ведущая организация:

ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный

университет (ВоГУ)»

Защита состоится «25» декабря 2013 года в 11.00 часов на заседании Диссертационного совета Д 212.124.02 на базе ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)» по адресу: 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр.4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)».

Автореферат разослан «23» ноября 2013 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета



С.В. Клименко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Актуальность использования биомиметических принципов в архитектурном проектировании связана с тем, что современное общество столкнулось с рядом острых экономических, социальных, экологических проблем в ведении своей хозяйственной и экономической деятельности, приводящим к дисбалансу природной и архитектурной сред. Сегодня технический прогресс обуславливает усиление темпов развития экономики, а соответственно и рост промышленных предприятий. Выбросы диоксида углерода увеличиваются ежегодно, из-за чего в атмосфере возрастает концентрация этого газа, который обладает свойством поглощать инфракрасные лучи, испускаемые поверхностью Земли. Данный процесс приводит к образованию парникового эффекта. Температура повышается. Происходит смена климата.

Активная экономическая деятельность человека приводит к истреблению невозобновляемых ресурсов. За последние 40 лет потребление ресурсов на планете увеличилось вдвое. С учетом повышения технологичности жизни в городе, а вследствие этого ее комфорта, многие люди стремятся жить в городской среде. Рост городского населения приводит к увеличению плотности городской застройки. Городская инфраструктура, рассчитанная на другую численность населения, устаревает и не справляется с транспортными и пассажирскими потоками. В этой области также необходим новый подход, который позволит усовершенствовать уже существующую структуру.

Сейчас становится все более очевидно, что курс, направленный на индустриализацию и потребительское отношение к природным ресурсам, приводит к дисгармонии как внутри созданной им искусственной среды, так и разрушению ее связи с окружающим миром. Важно выстроить баланс, восстановить взаимосвязь естественной и искусственной сред.

Также актуальной задачей является повышение адаптационных характеристик архитектурных объектов и систем. Возможность трансформироваться и адаптироваться к быстро меняющимся внешним и внутренним условиям ярко представлена на примере живых организмов. Способность к эволюции, соответствию актуальным особенностям среды, в которой находится природный объект, повышает его жизнеспособность. Сегодня архитектурная среда в данном аспекте сильно проигрывает природной.

Биомиметические (БМ) принципы, то есть применение единых подходов к развитию природной и архитектурной сред, способны разрешить ряд задач, возникших в архитектурной сфере человека. Этот подход поможет усовершенствовать архитектурную

практику, сделав искусственную среду более устойчивой к внешним воздействиям, более комфортной и удобной для человека и менее вредоносной для природной, а также повысить выразительность архитектурной среды. Также актуальной задачей, поставленной перед архитектурным проектированием с использованием БМ принципов, является развитие адаптационных возможностей искусственной среды, основанное на изучении индивидуального развития живого организма (онтогенез) и эволюционирования вида (филогенез).

Применение БМ принципов может происходить в различных областях архитектурного проектирования: жилая, общественная, промышленная архитектура, ландшафтная архитектура; на уровнях проектирования архитектурного объема (здание) или градостроительства (городские районы и многофункциональные комплексы); при проектировании нового объекта или при реконструкции уже существующего.

Степень изученности темы. Диссертационное исследование опирается на научные работы, посвященные методам, принципам и подходам биомиметического проектирования, включая вопросы, касающиеся природных форм, конструкций, материалов, процессов и функций живых организмов, использование особенностей которых возможно в архитектурной практике человека.

Теоретические исследования, направленные на изучение БМ принципов проектирования рассмотрены работы Ю.С. Лебедева, М. Матеева, О.А. Гациридзе, В.Ф. Жданова, П. Грубер, Ж.М. Бениус, В. Нахтиголя, К.Дэниелса, Т.Спека, М. П. Зари, В. Олгая, К. Улриша, К. Янга.

Теоретическая база исследования включает также работы, рассматривающие синергетический подход в архитектурном проектировании В. А. Колясникова, А.Н. Анисимова, Р.А. Браже, Е.В. Николевой. Фракталы и фрактальные структуры рассматривались в работах Б. Мандельброта, В.В. Жиркова, Н.В.Касьянова. Вопросы эволюции, а именно типологического развития архитектурных объектов затрагивались в работах П. Грубер, М. Киршнера, Е.Ю. Лобанова, М. Митчел.

Проектирование архитектурных объектов и комплексов рассматривалось в работах П. Грубер, М. Паулина, Ю.С. Лебедева, М.П. Зари, А. Харриса и др.

Использование особенностей природных организмов и процессов изучалось в творчестве В. Орта, Э. Гимара, Ч.Р. Макинтоша, Ф.О. Шехтеля, Л.Г. Салливена, Ф.Л. Райта, А. Аалто, Ле Корбюзье (объемное проектирование) Э. Говарда, Э. Сааринена, Э. Глодена (градостроительные концепции).

Теоретическим исследованиям о взаимовлиянии природной и архитектурной сред посвящены работы М.П. Витрувия, Л.Б. Альберти, А. Палладио, И.В. фон Гете, Г. Грино, Л.Г. Салливена, Ф.Л. Райта, П. Солери, А. Аалто, Ле Корбюзье, В.И. Вернадского, Г.В. Есаулова, Н.В. Касьянова, Г.В. Василькова, Н.А. Сапрыкиной, а также историков и литераторов Н.И. Карамзина, А.А. Писарева, А.И. Галича, Н.И. Надеждина.

Инженерно-технические исследования, повлиявшие на формирование архитектурной биомиметики, представлены в работах, направленных на изучение движения в природе - Л. да Винчи, Г. Галилея, Д.А. Борелли, Д. Кейли; эволюции живых организмов - Ч.Р. Дарвина, Г. Спенсера, Э.Г. Геккеля, У. Матурана, Ф. Варела, морфологии растений - И.В. фон Гете, Э.Г. Геккеля, К.А. Тимирязева, К. Блосфельта, В.И. Талиева, В.Ф. Раздорского.

Применение БМ принципов в типологии формы и конструкции рассматривалось в творчестве: БМ подход на основе природной формы - М. Мауэра, М.Р. Северы, Х. Пиоз, М. Соркина, Ханг Нга, Ле Корбюзье, И.В. Жолтовского, К.С. Мельникова, Л. Коста, Ф.Л. Райта; БМ подход на основе природных конструкций – М.О. Барца, М.И. Синявского, Э. Сааринена, К. Танге, Ф. Канделы, М.В. дер Роэ, Й. Утзона, С. Калатравы, В.Г. Шухова, К. Кульмана, Н.В. Никитина, П.Л. Нерви, Б. Фуллера, Н. Фостера, Н. Гримшоу, Ф. Отто.

Применение БМ принципов в типологии процесса проанализировано в творчестве: П. Солери, К. Янга, М. Пирса, К. Кикутакэ, «Аркигрэм», Э.Ушиды, К. Финдлей, Ц. Хекера, К. Танге, К. Курокавы.

Применение БМ принципов в типологии природных материалов рассматривалось в работах М. Эшби, С. Шилко, П. Грубер.

Комплексный БМ подход на основе природных характеристик проанализирован в творчестве Н. Фостера, бюро DP Architects, А. Харриса, компании BioPower, компании Arnold Glass, П. Бланка, М. Пирса, Ассоциации архитекторов Мельбурна, Ч. Хоя, М. Вануччи, бюро JSWD Architekten, И.Ч. Пана, С. Рэя, Д. Дадатси, бюро Tripyque, бюро Super Limão Studio, бюро Pacific Environments Architects, Ж. Херцога и П. де Мерона, компании Magnus Larson, Р. Чирибога, Т. Гивенса, Б. Симмонса, К. Барсан-Пипу, бюро Chimera, компании The Chemical Company, Моше Сафди, Д. Тацциоли, Ш. Чен, Р. Койке, Н. Шоссона, компании SMIT, компании Philips, Э. Линакра, И.Кима, компании Sahara Forest Project, бюро Grant Associates и Wilkinson Eyre, бюро UN Studio, бюро Urbanlab.

Применение БМ подхода в проектировании отражено в деятельности следующих научно-исследовательских и образовательных учреждений: Институт вычислительного дизайна (ICD) (Штутгарт, Германия), Институт строительных структур и структурного

дизайна (ITKE) (Штутгарт, Германия), Architectural Association (AA) School of Architecture (Лондон, Великобритания), Школа архитектуры и дизайна (АНО) (Осло, Норвегия), Университет Рокфеллера, (Нью Йорк, США), Мичиганский университет, (Мичиган, США), Токийский технологический институт (Токио, Япония) и др.

Несмотря на актуальность темы, данный вопрос редко поднимается в отечественных изданиях. Максимально комплексный подход можно встретить в работах Ю.С. Лебедев, особенно в книге "Архитектурная бионика". Однако авторами книги - Ю.С. Лебедева, Е.Д. Положай, В.Ф. Жданов, Г.В. Брандт, О.А. Гациридзе, М. Шарафин, М.А. Антонян, Д.Б. Пюрвеев, А.И. Лазарев, А. Мунякович, П. Солери, С.Б. Вознесенский, О. Брюттнер, Э. Хампе, В.Г. Темнов, Ф. Отто, Б. Буркхарб, Х. Дрюседау, Р. Грефе, Ю. Хеннике, Х. Оккен, Э. Шаур, И. Шмаль, Р. Шнейдер, К. Тивиссен, М. Матеев - были рассмотрены только формальные и конструктивные аспекты природной среды, как возможные природные аналоги для применения в архитектурной сфере. Настоящее исследование опирается на ряд положений данной книги, углубляя исследование темы применения БМ принципов в архитектурном проектировании с точки зрения использования различных типологий и рассматриваемых уровней заимствования.

Вопросы заимствования формальных и конструктивных природных характеристик рассматривались в диссертационных работах Саморая В.И., Бурлакова К.В., Байковой Е.В., Козлова Д.Ю..

Применение БМ подхода в реновации относительно ново. Впервые М. Матеев (НБР) в 1978 году вводит понятие «архитектурный трансплантизм» на II Международной конференции по бионике (Ленинград, СССР) и дает краткое описание данной сферы в книге «Архитектурная бионика» под ред. Ю.С.Лебедева.

Объект исследования - архитектурные объекты и среда, спроектированные с учетом характеристик живой природы.

Предмет исследования - использование в архитектурном проектировании подходов, основанных на характеристиках живой природы.

Цель исследования - определение основных БМ принципов для архитектурного и градостроительного проектирования, разработка системы приемов реализации выведенных БМ принципов.

Задачи исследования:

1. Изучение предпосылок формирования и этапов развития БМ подхода в архитектурном проектировании.

2. Определение особенностей развития данной сферы знаний в России в контексте мировой практики применения БМ подхода в проектировании. Определение тенденций развития БМ проектирования.

3. Определение методов архитектурного проектирования, основанных на заимствовании природных характеристик.

4. Выявление и систематизация принципов проектирования, основанных на заимствовании природных характеристик.

5. Определение БМ принципов архитектурного и градостроительного проектирования и соответствующих им БМ приемов реализации.

6. Рассмотрение реновации как процесса, заимствованного у природы.

Границы исследования

- Исторические границы. Рассмотрен процесс зарождения и развития биомиметики как отдельной области знаний в соответствии с хронологией развития общества. Для анализа выбраны наиболее характерные для каждого этапа реализованные и концептуальные архитектурные проекты, имевшие наибольшее влияние на последующее развитие БМ.

- Типологические границы исследования включают изучение БМ принципов проектирования, основанных на поведении природных организмов, процессов протекающих в природе, в системе пяти различных типологий заимствования (форма, конструкция, материал, процесс, функция) и двух уровнях применения данных принципов проектирования – архитектура и градостроительство.

Методика исследования основана на комплексном методе и включает:

- анализ исторических, научно-технических предпосылок возникновения БМ, как отдельной области знаний;

- изучение и систематизацию опыта проектирования и строительства объектов и планировочных структур с применением БМ принципов проектирования (по литературным и электронным источникам, натурный анализ);

- анализ существующих методов и принципов проектирования, основанных на заимствовании природных характеристик, определяющих процесс формирования архитектурных объектов и планировочных структур с последующим выявлением БМ принципов и приемов проектирования;

- обобщение результатов, полученных в ходе исследования, формулировка рекомендаций по использованию БМ принципов для реновации малых городов;

- экспериментальное проектирование с учетом выявленных БМ принципов проектирования.

Научная новизна исследования состоит в:

- систематизации этапов развития архитектурной биомиметики;
- определении структуры современной архитектурной биомиметики;
- определении и систематизации БМ методов архитектурного и градостроительного проектирования;
- определении и систематизации БМ принципов архитектурного и градостроительного проектирования
- определении и систематизации БМ приемов проектирования, соответствующих выявленным БМ принципам и двум уровням применения – архитектуре и градостроительству;
- выявлении тенденций развития БМ проектирования.

Теоретическая и практическая значимость исследования включает:

- решение экологических и экономических проблем за счет использования БМ принципов проектирования, основанных на более материалоемких, энергоэффективных, безотходных и менее вредоносных для окружающей среды процессах, протекающих в естественной среде;
- решение социальных проблем за счет рационального планирования инфраструктуры искусственных образований, таких как здания, поселки, города и т.д. на основе природных образований;
- повышение адаптационных возможностей архитектурных объектов и систем за счет изучения особенностей индивидуального и эволюционного развития живых организмов;
- регенерация существующей городской структуры за счет применения БМ принципов в реновации;
- повышение выразительности архитектурной среды за счет использования новых конструктивных решений и принципов формообразования.

Практическое значение результатов диссертационного исследования заключается в возможности:

- применения БМ подхода в учебном архитектурном проектировании;
- применения выведенных БМ принципов при разработке нормативных документов;
- применения БМ метода в практической деятельности, как одного из методов архитектурного проектирования.

Научные результаты, выносимые на защиту:

- Этапы и закономерности формирования БМ подхода;
- Современная структура архитектурной биомиметики;
- Классификация методов архитектурного проектирования, основанных на заимствовании природных характеристик;
- БМ принципы в архитектурном и градостроительном проектировании, выявленные на базе систем принципов, основанных на заимствовании природных характеристик;
- БМ приемы проектирования, соответствующие выявленным БМ принципам и двум уровням применения – архитектуре и градостроительству.

Апробация исследования.

Основные результаты исследования были изложены на научно-практических конференциях в Московском архитектурном институте (государственной академии) в 2011, 2012, 2013 гг., опубликованы в 12 научных статьях, в том числе в 2 публикациях в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК. Результаты исследования отражены в НИМ "Концепция организации занятий по теме «Перспективы развития энергоэффективной архитектуры в России» и НИР "Исследование новых тенденций реконструкции и реновации промышленных предприятий" (проект № 01201176712); представлены на лекциях, проведенных автором в Институте гуманитарного образования и информационных технологий (ИГУМО) и в Творческой мастерской архитектора С.Л.Туманина в рамках II архитектурного конкурса ПФО «Архновация». Предложенные автором принципы проектирования были внедрены в учебный процесс (учебное экспериментальное проектирование) в 2013 г. на кафедре «Архитектура промышленных сооружений» в Московском архитектурном институте (государственной академии) при разработке курсовых проектов 5 курса в мастерской экспериментального проектирования проф. Мамлеева О.Р.: «Реновация малого города. Касимов», «Реновация фабрики технических бумаг «Октябрь» в виде методики архитектурного проектирования, основанной на полученных в результате диссертационной работы БМ принципах и приемах их реализации (в 2012-13 гг.).

Структура работы.

Работа включает текстовую часть (объемом 168 страниц), состоящую из введения, трех глав и заключения; библиографию - 157 наименований, а также графические приложения.

СОДЕРЖАНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

ВО ВВЕДЕНИИ обосновывается актуальность исследования, определяется предмет, цель, задачи, методика и научная новизна исследования.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ "Предпосылки и основные этапы развития БМ подхода в архитектурном проектировании" раскрывается смысл тезиса "архитектура - вторая природа", определяются основные предпосылки формирования биомиметики, как отдельной области знаний на примере взаимодействия природы и человека на протяжении его существования. Определяется специфика понятий "биомиметика" и "бионика", определяются основные этапы формирования БМ подхода, в соответствии с развитием уровня знаний, технологий и техники. Рассматривается структура биомиметики – различные классификации, уровни и типы заимствования природных характеристик.

В первом разделе рассматривается развитие отношений архитектура – природа и выделяется три основных этапа взаимодействия искусственного и естественного (по Вержбицкому Ж.М.): *традиционный* (древность - вторая пол. XVIII в.), когда природа господствовала над человеком, *модернистский* (вторая пол. XVIII в. - нач. XX в.), характеризующийся попытками человека побороть природу, *постмодернистский* (середина XX в. – настоящее время), когда человек начал господствовать над природой, истребляя ее ресурсы. В рамках третьего этапа стоит выделить современный период, отличающийся бережным отношением к природе.

Во втором разделе выделены три группы предпосылок: *практические, теоретические и инженерно-технические*. Практические предпосылки отображают практическое применение природных характеристик в проектной и строительной практике человека. В теоретических - рассматриваются работы философов, ученых и архитекторов, повлиявших на формирование БМ подхода в архитектурной практике. Инженерно-технические предпосылки отображают достижения смежных с архитектурной сферой дисциплин, таких как биология, анатомия, морфология, физиология растений и живых организмов: сравнительный анализ природных и архитектурных конструкций, форм и возможности их адаптации под условия окружающей среды. Предпосылки были рассмотрены в соответствии с хронологическими этапами, выделенными Ю. С. Лебедевым:

- *Древность* - стихийное использование природных характеристик - функциональных особенностей природных объектов, возведенных живыми организмами, и воспроизведение их форм.

- *Древность – середина XIX в.* – отличительной чертой является принцип подражания природным объектам с точки зрения использования особенностей внешних форм для повышения эстетических качеств и конструктивных особенностей для увеличения эффективности (и выразительности) архитектурных объектов. В теории архитектуры природа стала рассматриваться не только как формальная и конструктивная модель для подражания, но и с точки зрения влияния климатических характеристик местности на объекты.

- *Конец XIX – середина XX в.* характеризуется синтезом науки и техники, появлением нового архитектурного стиля – модерна, рассматривающего здание как живой организм. На данном этапе использование формообразующих, конструктивных, функциональных особенностей природных организмов в архитектурной практике происходит на новом качественном уровне благодаря развитию металлоконструкций и изобретению нового материала – железобетона. Появляется понятие «органическая архитектура», связанное с именами таких архитекторов как Л.Г. Салливен, Ф.Л. Райт, А. Гауди, Ле Корбюзье.

В третьем разделе определяется специфика терминов «биомиметика» и «бионика», обосновывается использование первого в названии диссертационной работы.

Понятие «биомиметика» было введено американским биофизиком Отто Шмиттом в 1957 году. Термин «бионика» введен американским врачом-психиатром и инженером Джеком Е. Стилом в 1960 году. По морфологии слова, понятие "биомиметика" (лат. *bios* – жизнь и *mimesis* – подражание), звучащее в транскрипции как "подражание жизни" в отличие от «бионики» (от др. греч. *βίον* «элемент жизни»), более точно подходит для обозначения того процесса, который происходит в рамках данной проблематики.

Термины «бионика» и «биомиметика» являются синонимичными. Первый – чаще употребляем в России, особенно с середины 60-х до начала 90-х XX века (время бурного развития данной науки в нашей стране), последний же наиболее распространен за рубежом и активно используется в наше время, определяя актуальную сферу деятельности человека.

Некоторые литературные и интернет - ресурсы утверждают, что новая наука на симпозиуме в Дайтоне (США) в 1960 году получила название «бионика», другие же – что «биомиметика». Так как чаще всего в англоязычной литературе встречается термин «биомиметика», автор настоящей работы склонен считать, что данное понятие является первичным.

В четвертом разделе выделяются четыре хронологических этапа развития БМ подхода в архитектурном проектировании в соответствии с развитием уровня знаний, технологий и техники:

1. *Оформление науки биомиметики. БМ подход на основе природных формы и конструкции. С 1930-х гг.* Рассмотрение законов построения формы, принципы ее существования в природе, а также конструктивные и структурные особенности природных объектов.
2. *БМ подход на основе природного процесса. Со второй половины 1970-х гг.* Рассматриваются следующие процессы: *метаболизм*, подразумевающий обмен энергией, веществом и информацией, *гомеостаз* (устойчивость) и *самоорганизация*, то есть достижение более высокого уровня порядка.
3. *БМ подход на основе природного материала. С 1990-х гг.* Изучение структуры природных материалов: *традиционные* (ячеистые, волокна), *композитные* и *адаптивные* материалы.
4. *Комплексный БМ подход на основе природных характеристик* (форма, конструкция, материал, процесс, функция). С 2000-х гг.

Данная классификация этапов была основана на пяти различных типологиях заимствования: форме, конструкции, материале, процессе и функции. Изучение функции, как природной характеристики, прослеживается на протяжении всей истории развития архитектуры. Каждый последующий этап развития БМ подхода привносил новую природную типологию в сферу архитектурной теории и практики и характеризовался более детальным изучением природных объектов и, соответственно, более глубоким пониманием устройства и механизмов, отвечающих за жизнеспособность, окружающей нас среды.

Пятый раздел включает рассмотрение различных классификаций данной науки, а также изучение уровней и типологий заимствования из живой природы.

Принципы, заимствованные у природы могут использоваться в различных областях деятельности человека: электронике, медицине, авиа-судостроении, робототехнике, архитектуре и строительстве, промышленном дизайне.

В классификации, основанной на этапах БМ подхода, различают три области данной науки: *биологическую* (изучение биологических процессов живой природы), *теоретическую* (построение теоретических моделей на основе изученных процессов) и

техническую (применение теоретических моделей на практике). Данная классификация отображает универсальность БМ подхода.

Система Вернера Нахтиголя (1998) включает три крупных области: *структурную*, рассматривающую природные конструкции, структуры, материалы, *процессуальную*, основанную на изучении природных процессов и *информативную* изучающую принципы развития, эволюции и передачи информации.

Система М. Матеева (1990) рассматривает только сферы архитектурной бионики, подразделяя ее на 8 блоков: *биоматериаловедение*, *биотектоника*, *бионическая архитектура*, *архитектурно-бионическая цитология*, *бионическая урбанистика*, *бионическая инфраструктура*, *архитектурно-бионическая экология*, *архитектурный трансплантизм*. Однако в СССР на тот момент времени активное развитие получили сферы биоконструирования и бионической архитектуры.

Классификация Дж.М. Бениус, основанная на различных типах и уровнях заимствования характеристик природных организмов, рассматривает несколько уровней использования БМ принципов: *организм* (изучение живых организмов, их строения, поведения, жизнедеятельности), *поведение* (исследование построек живых организмов, их формы, особенностей конструкции и структуры, качественные характеристики материала и принципы функционирования), *экосистема* (исследование комплексных природных систем, то есть взаимодействия различных живых организмов и самой среды как, с одной стороны, условия их взаимодействия, а с другой его результат). Помимо такого трехчастного деления, Мэйбриг Педерсен Зари, дополняя классификацию Дж.М. Бениус, каждый уровень делит на 5 ступеней - типов заимствования: *форма*, *конструкция*, *материал*, *процесс* и *функция*. Данная классификация используется автором диссертационной работы для анализа актуальности применяемых БМ подходов для прошлого, настоящего и будущего (с учетом развития науки и техники).

На основе рассмотренных классификаций автором настоящей работы была выведена структура архитектурной биомиметики, соответствующая современному этапу развития данной области знаний: *структурная* (БМ материалы, БМ конструкции, строение микроструктур (цитология); *процессуальная* (климатическая (энергетическая), процессуальная, двигательная); *информативная* (биомиметика эволюционирования, состоящая из двух подобластей - индивидуальное развитие и развитие типологии, и организационная биомиметика).

Таким образом, обобщая анализ предпосылок формирования и основных этапов развития БМ подхода, следует отметить, большое влияние уровня знаний и достижений

смежных дисциплин, таких как естественные науки (биология, химия и др.), а также степень развития техники и технологических разработок. Проведенный анализ структуры биомиметики отражает обширность сфер применения природных характеристик. Вариативность типологий (форма, конструкция, материал, процесс, функция) и уровней заимствований (организм, поведение, экосистема), позволяет систематизировать природные типологии и проанализировать этапы развития БМ подхода.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ «Характеристики живой природы в принципах и методах архитектурного проектирования» анализируются принципы и методы проектирования, связанные с заимствованием природных характеристик живой природы. На основе изученных материалов выявляются БМ методы, связанные со структурой современной архитектурной биомиметики, и принципы архитектурного проектирования.

В первом разделе анализируются группы принципов, соответствующие различным областям знаний, сформированные и развивающиеся с начала 1960-х гг. вплоть до сегодняшнего дня, основанные на изучении окружающей среды и заимствовании природных характеристик. Данные группы принципов отражают этапность применения БМ подхода в проектировании. Автором настоящей работы было выделено шесть основных направлений, повлиявших на развитие БМ подхода в архитектурном проектировании и являющихся базой для выведенных современных БМ принципов.

1. *Метаболизм*, сформированный в Японии в 60-е гг. XX века и основанный на изучении природных процессов, в том числе адаптации и эволюционирования живых организмов, опередил общий темп развития БМ подхода в архитектуре, который на тот момент времени включал изучение природных форм и конструкций.

Автором настоящей работы на основе проектов Кионори Кикутаке, одного из основоположников движения, были выведены следующие принципы: *эволюционирование (адаптация); открытость; формирование мезопространства* (промежуточного звена между архитектурой (упорядоченная среда) и хаотичной окружающей средой (городское пространство, ландшафт); *разделение элементов здания на временные и постоянные; модульность (ячеистость); вариативность; устойчивость.*

2. *Синергетика*, как междисциплинарная область знаний, также нашла свое отражение в архитектурной сфере, в основе которой лежит изучение процессов самоорганизации в природе, активно развивалась в 70-80-е гг. XX века. Синергетический подход в архитектуре рассматривает процессы самоорганизации архитектурной среды,

возможности ее саморазвития с переходом на более качественный уровень в результате адаптации к изменяющимся условиям внешней среды и внутренним факторам.

По Ф.Е. Фисенко существует «как минимум, четыре области приложения синергетической методологии в сфере архитектуры и градостроительства: урбанистика, формообразование в архитектуре, психология архитектурного творчества и история архитектуры»¹.

Следуя утверждению Г. Хакена, что все самоорганизующиеся системы подчинены единым законам, автор диссертационной работы выводит универсальные принципы, применение которых возможно во всех перечисленных областях и в основе которых лежат ключевые характеристики самоорганизующихся систем, подтвержденные на ряде природных примеров; *открытость; реакция на окружение; энергетические процессы; множество подсистем; минимизация информации; порядок; взаимосвязь компонентов системы; стремление к устойчивости; эффективность; историчность.*

С точки зрения применения принципов самоорганизации в сфере градостроительства, стоит выделить систему Колясникова В.А., приведенную в работе Анисимова А.Н., включающую следующие принципы: «мягкость управления»; «вариантность развития»; «способность будущего конструировать настоящее»; «конструктивность целого»; «эффективность малого»; «синкретичность образа»; «открытость каждой точки»; «прогнозируемость развития»; «режим с обострением»; «динамичность и цикличность».²

3. *Биоклиматология* - наука, изучающая влияние климата на живые организмы, и имеющая сильное влияние на архитектурные течения, в основе которых лежит изучение взаимодействия окружающей среды, архитектуры и человека. Несмотря на то, что данная наука начала формироваться в начале XX века, активное развитие она получила лишь во второй половине 60-х – нач. 70-х гг. этого столетия, сыграв важную роль в формировании концепции устойчивой архитектуры и принципов энергоэффективного проектирования.

Нижеприведенная система принципов разработана учеными М.-А. Knudstrup, Н.Т. Ring Hansen, С. Brunsgaard: сохранение или повышение биоразнообразия; оценка жизненного цикла материалов; снижение индивидуального трафика (передвижения); «тепловая» масса материала; изоляция оболочки здания; рациональное соотношение

¹ Фисенко Ф.Е. Научное прогнозирование в архитектуре и градостроительстве – макроисторический и синергетический подходы // Эстетика архитектуры и дизайна: мат. Всерос. науч. -прак. конф. М.: Архитектура-С, 2010. С.81.

² Анисимов А.Н. Потенциал синергетического метода проектирования в градостроительстве. Екатеринбург, 2008. - URL: http://www.taby27.ru/studentam_aspirantam/aspirant/filosofiya-nauki.-arxitekture-dizajnu-dpi/potencial-sinergeticheskogo-metoda-proektirovaniya-v-gradostroitelstve.html

ориентации и площади остекления; рациональное соотношение общей поверхности к площади поверхности здания; рациональное соотношение остекления к площади; использование естественного света; зонирование; мобильность (здания); естественная вентиляция; принудительная вентиляция; возобновляемые источники энергии; элементы производства энергии; энергоэффективная система; композитные энергоэффективные материалы (*embodied energy of materials*). Данная система широко иллюстрирует биоклиматический подход в архитектурном проектировании, поскольку рассматривает также сферы применения (самообеспечение, экология, озеленение, устойчивость, биоклиматология, окружение, низкое потребление энергии, солнце) и доминирующие области (природа, климат, культура, технология).

4. *Устойчивость* - архитектурное направление, сформированное в 70-е гг. XX века, как ответная реакция на тяжелую экологическую ситуацию, сложившуюся в мире, и включающее проектирование энергоэффективных зданий, пассивных домов, минимизацию вредного воздействия архитектуры на окружение и развитие зеленых зон в городской среде.

Принципы и меры экологического проектирования представлены на примере принципов Кл. Дэниелса: *адаптация к природным и социальным характеристикам местности; сохранение энергии; защита ресурсов и материалов; создание внутренней и внешней среды обитания человека высокого качества*, рассматриваемых на трех различных уровнях проектирования – здание, открытые пространства, инфраструктура (снабжение и размещение).

5. Принципы *гармонизация естественной и искусственной сред* отражают взаимопроникновение трех сфер: архитектуры, инфраструктуры и природы. Взаимодополняя друг друга, эти компоненты складываются в общую систему, создающую устойчивую среду обитания для человека. Данная группа принципов П. Грубер включает: *инфраструктурализм* (стирание границ между архитектурой и инфраструктурой); *невидимость* («растворение» архитектуры в окружающей среде); *связь внутреннего и внешнего пространства; интеграция природы в архитектуру*.

6. *Принципы проектирования, основанные на характеристиках жизни*, отражают комплексный БМ подход, свойственный началу XXI века и включающий в себя изучение природных форм, конструкций, материалов, процессов и функций, то есть всего спектра природных типологий. Новый БМ подход отражен в двух группах принципов - Т. Ганти, основанной на процессах, протекающих в природе, (*метаболизм, создание оболочки, генетическая информация*) и П. Грубер, рассматривающей характеристики живых

организмов и систем, (*открытость, самоорганизация, ограничения, обработка информации, порядок, размножение, рост, обработка энергии, реакция, гомеостаз и метаболизм, эволюция и естественный отбор*).

Вышеприведенные группы принципов были сформированы в разное время и акцентировали внимание на изучении различных природных типологий. БМ принципы проектирования были выведены автором диссертационной работы на основе изучения принципиальных позиций рассмотренных направлений второй половины XX - начала XXI вв. и отражают комплексный БМ подход, учитывающий все типологии заимствования.

- *Адаптация*. Может применяться к двум различным факторам – внешним, природным или городским, характеристикам окружения и внутренним, формирующим ряд ограничений, в том числе и социальным, связанным с конкретными задачами и потребностями общества.

- *Открытость*. Характеристика, обеспечивающая функционирование городской среды как единого организма, целостной системы.

- *Вариативность*. Важная черта природных объектов, позволяет использовать объект в течение максимального количества времени, когда одна функция сменяет другую (внутренние факторы), а также при различных погодных условиях (внешние факторы).

- *Минимизация информации*. Данный принцип можно рассматривать как использование простых элементов при построении более сложных. Использование фракталов, самоподобных единиц, из которых выстраивается более крупная форма, подобная составляющим ее частям, является приемом минимизации информации в природной среде.

- *Устойчивость объекта*. Обусловлена его возможностями поддержания внутреннего равновесия и постоянных параметров системы.

- *Формирование мезопространства*. Создание стыковых зон (интерьер – экстерьер, участок – город, новое - старое и т.д.) позволит связать все объекты в единую систему.

- *Историчность*. Учет и сохранение ценных фрагментов застройки, их важность и роль при реновации – залог сохранения «городской памяти».

- *Взаимосвязь компонентов*. Позволит повысить ее целостность, то, что является одним из важнейших условий комфортного функционирования человека в ней.

- *Рост территории «вовне» (присоединение) или «вовнутрь» (уплотнение)* представляет собой естественный процесс, связанный с жизнью и развитием.

Во втором разделе рассматриваются методы БМ проектирования, отображающие различные способы трансформации природных особенностей для их дальнейшего применения в архитектурной деятельности. Из них стоит выделить две ключевые группы. Методы первой группы (*«методы переноса» Томаса Спэка, БМ методы Мэйбриг Педерсен Зари, ступенчатая система Петры Грубер*) характеризуют особенности переноса характеристик из природы в практическую деятельность. Вторая группа методов выводится автором настоящей работы на основе различных типов познания.

Методы "переноса" Томаса Спэка характеризуют взаимодействие двух областей - биологии и архитектуры - на разных этапах создания проекта: *1. Проектирование – Биология – Проектирование; 2. Биология – Проектирование*. В первом случае, сначала архитекторы ставят перед собой определенную проектную задачу с последующим поиском аналогичных проблем и их решений в природной среде. Затем следует выявление общих принципов работы данного механизма в природе с дальнейшим его внедрением в архитектурное проектирование. Во втором случае, ученые исследуют живую природу, выявляют интересные закономерности и анализируют их. Проектировщики используют теоретические модели и достижения ученых для решения аналогичных природным задач в архитектурной деятельности (биорешение → биозадача → архзадача → архрешение).

С данной классификацией методов тесно связана классификация Мэйбриг Педерсен Зари, включающая два метода, отличие между которыми также состоит в моменте постановки архитектурной задачи в процессе взаимодействия со специалистами смежных профессий: "ДЛЯ" (взятый у природы для решения конкретной, ранее поставленной, задачи – архитектурный запрос первичен); "ОТ" (взятый у природы как возможный прием – природные закономерности берутся впрок).

Метод Петры Грубер представляет собой ступенчатую систему трансформации природных характеристик в сферу архитектурного проектирования, где каждая последующая ступень позволяет углубить знания об устройстве изучаемого природного объекта и повысить качественный уровень применяемых БМ принципов проектирования: *вдохновение* предполагает только заимствование формы, то есть внешних особенностей природного объема; *аналогия* основана на сравнении общих свойств материалов, процессов, функции и поведения живых организмов; *подобие и масштаб* отображает значимость соотношения между объемом, площадью поверхности, длиной и весом; *сходство (convergence - конвергенция)*, в рамках которого изучается развитие схожих характеристик, как реакции на схожие внешние и внутренние факторы и процессы;

переосмысление («обратная биомиметика») образовалось по аналогии с «обратной инженерией» и определяется пониманием природных характеристик через технологическое развитие; *абстракция* основана на выделении конкретных природных характеристик, способных повысить качество проектируемой архитектурной среды.

Следующая группа методов БМ проектирования выделяется автором настоящей работы на основе различных типов познания (с помощью различных инструментов): *структурный* метод основан на изучении структуры, конструкции природного объекта и является основным для таких сфер архитектурной биомиметики как изучение природных конструкций и строения микроструктур (цитология); *механический* метод, основанный на изучении движения и взаимодействия материальных тел, включает в себя изучение динамических систем в природе, способы передвижения живых организмов и используется при создании некоторых видов мобильной, а также трансформируемой архитектуры; *химический* метод основан на изучении химического состава природного объекта и используется при изучении и создании материалов на основе природных аналогов; *физический* метод основан на изучении физических свойств живых организмов и объектов природной среды и применяется в таких сферах как климатическая и процессуальная архитектурная биомиметика. *историко-аналитический* метод подразумевает исследование возможности адаптации природного организма к изменяющимся условиям окружающей среды, его трансформацию, изменение связей с другими организмами и применяется в сфере информативной архитектурной биомиметики.

Таким образом, анализ групп принципов заимствования природных характеристик позволил автору настоящей работы выявить девять основных БМ принципов архитектурного проектирования. Данная система БМ принципов проектирования является комплексной, так как учитывает различные аспекты живой природы, жизнедеятельности и законов развития и взаимодействия организмов в естественных условиях, основана на всех известных типологиях заимствования и отражает существующее состояние архитектурной биомиметики. Также во второй главе были проанализированы существующие БМ методы проектирования, рассматривающие различные методы переноса характеристик из природной среды в архитектурную. Рассмотренные группы методов можно разделить на две крупные группы. Первая рассматривает этапность в применении БМ подхода в архитектурном проектировании. Вторая основана на разных типах познания особенностей природной среды и связывает методы исследования и трансформации знания со сферами их применения.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ «Биомиметические принципы и приемы реализации. Экспериментальное проектирование» определяются приемы реализации выведенных БМ принципов архитектурного проектирования на основе типологии заимствования природных характеристик и уровней применения (объектная архитектура и градостроительство). Рассматривается понятие реновации как БМ процесса, аналогичного коэволюции в природе, то есть процесса взаимодействия нового и старого; анализируются существующие гипотезы применения БМ принципов при реновации. Применение выведенных БМ принципов и приемов реализации рассматривается в экспериментальном проектировании.

В первом разделе была введена систематизация БМ приемов согласно двум классификациям. Первая основана на типологии заимствования природных элементов из окружающей среды и включает форму, конструкцию, материал, процесс и функцию. Вторая, основанная на системе Ж.М. Вержбицкого, построена на делении элементов архитектурной среды на территориальные (градостроительный уровень) и объемные (объектный уровень).

Во втором разделе были выведены архитектурные приемы, основанные на БМ принципах проектирования. Приемы являются рекомендациями к проектированию, следуя которым, на взгляд автора диссертационной работы, будут учтены принципы и законы, являющиеся основополагающими для развития и жизнедеятельности организмов в природной среде.

БМ приемы, рассмотренные на уровне типологии заимствования *формы*, отражают не столько объемные характеристики природных форм, сколько законы их построения и существования в природной среде. (См. табл.1) Применение БМ приемов при заимствовании природных *конструкций* основано на изучении и выявлении особенностей природных структур. Рассматривая природные конструктивные системы и структуры, как образец, выделено несколько особенностей: легкость трансформации, цельность, модульность, материалоеффективность. (См. табл.2) Применение БМ подхода на основе природного *материала* позволит повысить качественные характеристики ограждающих и несущих конструкций. Отличительными особенностями природных материалов является их мультифункциональность и адаптивные характеристики. (См. табл.3) БМ приемы в типологии *процесса* основаны на трех основных процессах: метаболизме, обмене энергией, веществами и информацией, гомеостазе, стремлении к поддержанию устойчивого состояния, и процессе самоорганизации, выхода из устойчивого состояния и

переход на новый, качественно более высокий уровень порядка. Выведенные БМ принципы и приемы архитектурного проектирования отражают достижение оптимальных условий для их свободного протекания. (См. табл.4). *Функция*, как природная типология заимствования, отражена во всех остальных типологиях: конструкции (структуре), материале, процессе, форме. Принцип многофункциональности представляет собой основную характеристику всех природных элементов, благодаря которому происходит адаптация организма к изменяющимся внешним и внутренним условиям, его эволюционирование. (См. табл.5)

В третьем разделе использование БМ принципов было рассмотрено применительно к такому архитектурному направлению как реновация, представляющей собой также БМ процесс, аналогичный метаморфозам в природной среде. Для понятия реновации были выведены две группы принципов, характеризующие активность объекта/территории в жизни города.

Первая группа - *«жизнь в архитектуре»* - отражает то, насколько активно исследуемая среда используется человеком и включает в себя следующие принципы: *актуальность внутреннего содержания* - соответствие пространства деятельности человека, потребностям общества; *актуальность внешних форм* - соответствие формы функции и своему времени; *реакция и взаимодействие с окружением* – характеристика, рассматривающая исследуемый объект в комплексе с его окружением; *информационные процессы* - создание удобной среды для передачи и обмена знаниями. Вторая группа принципов - *«живая архитектура»* - характеризует степень ее соответствия окружению (как архитектурной, так и природной среде) и включает выведенные БМ принципы архитектурного проектирования.

Реновация рассматривается, как процесс взаимодействия нового и старого, аналогичного коэволюции, взаимного развития двух организмов, и предполагает замену устаревших фрагментов новыми БМ структурами, а также использование старых элементов здания в новом строительстве. Выделяется два основных подхода: *интеграцию нового в старое* и *интеграцию старого в новое*.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение БМ принципов в архитектурном проектировании и перспективы развития науки биомиметики направлены на улучшение качества архитектурной среды и ее гармоничного сосуществования с природной. К важным условиям совершенствования существующей системы применения БМ принципов стоит отнести углубление знания в

естественных науках, развитие технологической базы, а также комплексный подход к проектированию, основанный на синтезе наук. Неотъемлемой частью процесса проектирования должна стать совместная работа архитекторов и специалистов естественных наук и других областей знаний.

Особое значение при проектировании в городской среде приобретают такие БМ принципы как открытость, адаптация к внешним и внутренним характеристикам (в том числе социальным), историчность. С учетом быстрых темпов развития общества, пространство, созданное архитектором, должно иметь возможность трансформироваться, подстраиваясь под нужды общества и изменяющиеся условия внешней среды (как природной, так и архитектурной).

1. Проанализированы предпосылки формирования и развития БМ подхода в архитектурном проектировании (практические, теоретические, инженерно-технические). Определены основные этапы формирования и развития архитектурной биомиметики в соответствии с техническим прогрессом и ростом научного знания. Выделены четыре основных этапа:

- Оформление науки биомиметики. БМ подход на основе природных формы и конструкции. С 1930-х гг.
- БМ подход на основе природного процесса. Со второй половины 1970-х гг.
- БМ подход на основе природного материала. С 1990-х гг.
- Комплексный БМ подход на основе природных характеристик (форма, конструкция, материал, процесс, функция). С 2000-х гг.

2. На основе исследования применения БМ принципов и приемов в мировой практике и существующего состояния данного подхода в России были сделаны следующие выводы:

- Применение БМ принципов проектирования связано с изменением уровня научного знания и технического оснащения.

- Для России характерно применение БМ принципов проектирования, основанных на заимствовании формальных и конструктивных природных типологий. В современной российской архитектурной практике изредка встречаются примеры реализованных проектов, базирующихся на использовании иных природных характеристик. Таким образом, кардинального изменения в БМ архитектурном проектировании с начала 90-х гг. XX века, момента приостановки разработок в данной области знаний, не произошло.

Основные тенденции развития БМ подхода в архитектурном проектировании, выражаются в изучении экосистемы, как взаимосвязанного комплекса, состоящего из множества живых организмов и элементов окружающей среды. На сегодняшний день существуют только концептуальные архитектурные проекты, в которых прослеживаются попытки использования характеристик экосистемы. Однако в реальном архитектурном проектировании аналогов природных экосистем пока не существует.

3. Выявлены методы познания, основанные на заимствовании природных характеристик, соответствующие БМ подходу в архитектурном проектировании и современной структуре архитектурной биомиметики: *структурный, механический, химический, физический и историко-аналитический*.

4. Определены и систематизированы принципы архитектурного проектирования, основанные на заимствовании природных характеристик в соответствии с направлениями, сформированными и развивающимися с начала 1960-х гг. и до настоящего времени, основанными на последовательном изучении окружающей среды: *метаболизм, биоклиматология, устойчивость, синергетика, гармонизация естественной и искусственной среды, проектирование, основанное на принципах жизни*.

5. На основе выявленных и структурированных принципов, основанных на заимствовании природных характеристик, автором диссертационной работы были выведены следующие БМ принципы проектирования, характерные для комплексного БМ подхода: *адаптация, открытость, вариативность, минимизация информации, устойчивость, формирование мезопространства, историчность, взаимосвязь компонентов, рост*. Выведенные БМ принципы архитектурного проектирования отражают комплексный БМ подход, актуальный для нынешнего состояния архитектурной биомиметики.

На основе БМ принципов проектирования были выведены БМ приемы реализации. Систематизация приемов была проведена согласно двум классификациям. Первая основана на типологии заимствования природных элементов из окружающей среды и включает форму, конструкцию, материал, процесс и функцию. Вторая построена на делении элементов архитектурной среды на территориальные (градостроительный уровень) и объемные (объектный уровень).

6. Реновация представляет собой БМ процесс, аналогичный метаморфозам в природной среде. Были выведены две группы принципов, характеризующие активность объекта/территории в жизни города: *«жизнь в архитектуре»* (актуальность внутреннего содержания, актуальность внешних форм, реакция и взаимодействие с окружением,

информационные процессы); «живая архитектура», включающая в себя выведенные БМ принципы архитектурного проектирования.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России:

1. Гридюшко, А.Д. Биомиметический подход при проектировании вертикальных теплиц [Электронный ресурс]/А.Д. Гридюшко, Е.Г. Чентемирова// Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета Серия: Строительство и архитектура. Научно-теоретический и производственно-практический журнал - Выпуск №32(51) –Волгоград; 2013. – С. 257 - Режим доступа: http://www.vgasu.ru/attachments/vestnik_32-51.pdf (общ. - 0.5 п.л., 50%).
2. Гридюшко, А.Д. Биомиметические принципы формообразования вертикальных ферм как новой типологии в агропромышленной архитектуре [Электронный ресурс]/А.Д. Гридюшко, Е.Г. Чентемирова// Международный электронный научно-образовательный журнал «Architecture and Modern Information Technologies (AMIT)». «Архитектура и современные информационные технологии». –Выпуск №4(25), ноябрь - М., 2013. Режим доступа: <http://marhi.ru/AMIT/2013/4kvart13/gridushko/gridushko.pdf> (общ. - 0.5 п.л., 50%).

Публикации в других научных изданиях:

3. Гридюшко, А.Д. Использование биомиметических принципов в архитектурном проектировании. Актуальность темы [Текст]/А.Д. Гридюшко// Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тезисы докладов международной научно-практической конференции 11-15 апреля 2011г. В 2 томах. Т.1. – М.; Архитектура-С., 2011. - С.165. (0.2 п.л.).
4. Гридюшко, А.Д. Взаимосвязь принципов устойчивого развития архитектурной среды и биомиметических подходов к проектированию [Текст]/А.Д. Гридюшко// Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Тезисы докладов международного симпозиума 17-18 ноября 2011г. Раздел: Устойчивая архитектура как образ мышления. – М.: МАРХИ, группа КНАУФ СНГ, 2011. – С 23-24.(0.15 п.л.).
5. Гридюшко, А.Д. Развитие современной архитектурной биомиметики [Текст]/А.Д. Гридюшко// Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Тезисы докладов международного симпозиума 17-18 ноября 2011г. Раздел: Практика устойчивой архитектуры и тенденции ее развития. – М.: МАРХИ, группа КНАУФ СНГ, 2011. – С 104-105.(0.1 п.л.).

6. Гридюшко, А.Д. Адаптивность как один из биомиметических принципов в архитектурном проектировании [Текст]/А.Д. Гридюшко// Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Тезисы докладов международного симпозиума 17-18 ноября 2011г. Раздел: Практика устойчивой архитектуры и тенденции ее развития. – М.: МАРХИ, группа КНАУФ СНГ, 2011. – С 103-104.(0.1 п.л.).
7. Гридюшко, А.Д. Развитие современной архитектурной биомиметики [Текст]/А.Д. Гридюшко// Сборник тезисов МАРХИ. Материалы научно-практической конференции. Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тезисы докладов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых учёных и студентов 9-13 апреля 2012 г. - М.; МАРХИ, 2012. – С 117. (0.1 п.л.).
8. Гридюшко, А.Д. Специфика понятий бионика и биомиметика [Текст]/А.Д. Гридюшко// Сборник тезисов МАРХИ. Материалы научно-практической конференции. Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тезисы докладов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых учёных и студентов 9-13 апреля 2012 г. - М.; МАРХИ, 2012. – С 116 (0.1 п.л.).
9. Гридюшко, А.Д. Специфика понятий бионика и биомиметика [Текст]/А.Д. Гридюшко// Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ. Материалы международной научно-практической конференции 9-13 апреля 2012г. Сборник статей. – М., 2012. – С 285. (0.15 п.л.).
10. Гридюшко, А.Д. «Применение биомиметических принципов в реновации [Текст]/А.Д. Гридюшко// Сборник тезисов МАРХИ. Материалы научно-практической конференции. Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тезисы докладов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых учёных и студентов. 8-12 апреля 2013г. – М.; МАРХИ, 2013. – С 106 (0.2 п.л.).
11. Гридюшко, А.Д. Биомиметические подходы и принципы, применяемые при реновации городских территорий [Текст]/А.Д. Гридюшко// Наука, образование, общество: современные вызовы и перспективы. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Часть IV. 28 июня 2013г. – М.; АР-Консалт, 2013. – С.63. (0.2 п.л.).
12. Гридюшко, А.Д. Жизнь и архитектура [Текст]/А.Д. Гридюшко// Наука, образование, общество: современные вызовы и перспективы. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Часть IV. 28 июня 2013 г. – М.; АР-Консалт, 2013. – С.61. (0.15 п.л.).

БМ подход на основе природных формы и конструкции (с 1930-хх гг)



Мария Роза Сервера и Хавьер Пиоз, Вертикальный бисонический город-башня, Шанхай, Китай, 1999 г.

БМ подход на основе природной формы

зооморфизм



Martin Maurer, big duck, Нью-Йорк, США, 1931 г.

Michael Sorkin, TURTLE PORTABLE PUPPET THEATRE, 1995 г.

I.Okazaki, L.Yin, Y. Sun, R. Culligan, Q. Su, A SEVEN STAR HOTEL, Tianjin, China, 2009 г.

антропоморфизм + природная геометрия

золотое сечение



Храм Василия Блаженного, арх. Барма и Постник, Москва, 1555-1561



Ривьерский мост, арх. Жолтовский И.В., Сочи, 1935г.

сомасштабность человеку

Др. Египет - Поликлет (Vв до н.э.)
- Витрувий (Iв до н.э.)
- Леонардо да Винчи (XV в.)
- Ле Корбюзье (сер. XXв.)



Ле Корбюзье, Вилла Савой, Пуасси, 1929-30гг.

симметрия



- осевая (зеркальная, вращательная)
- центральная
- скользящая



К. С. Мельников, Клуб, Москва, Россия, 1927-1929 гг.



К. С. Мельников, Дом-мастерская, Москва, Россия, 1927-1929 гг.

спираль



Вавилонская башня Бернара Саломона



Ф. Л. Райт, Музей Гуггенхайма, Нью-Йорк, США, 1937 г.

ветвление



Архитектор Yi Cheng Pan «Перевернутые конусы» (2st Place Skyscraper Competition) (Великобритания) 2007

БМ подход на основе природной конструкции

оболочки



В. Г. Шуков, Ротонда, Россия, Нижний Новгород, 1896 г.



В. Г. Шуков, Прямоугольный павильон, Россия, Н. Новгород, 1896



Феликс Кандела, Кафе „Los Manantiales“, Хочимилько, Мехико, 1958 г.



Феликс Кандела, „Barcadi Fabrik“, Cuautitlan, Мехико, 1959-1960 гг.



М. О Барц, М. И. Синявский, Планетарий, Россия, Москва, 1928-1929 гг.



Э. Сааринен, аэропорт TWA, США, Нью-Йорк, 1956-1962 г.



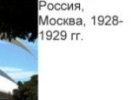
Э. Сааринен, Массачусетский технологический университет центр в Токио, 1964 г. Кембридж, США



Кэндзо Тангэ, Олимпийский стадион в Токио, 1964 г.



Кэндзо Тангэ, Собор Пресвятой Девы Марии, Токио, 1961-1964 гг.



Сантьяго Калатрава, Аудиторио-де-Тенерифе, Испания, 2003 г.

сетчатые и ребристые конструктивные системы



Гюстав Эйфель, Эйфелева башня, Монреальская, Франция, Париж, Биосфера, 1887-1889 гг. Канада, 1967 г.



Ричард Бакинстер Фуллер, Климатрон, Сент-Луис, США, 1960 г.



Пьер Луиджи Нерви, Ангар в Орбетелло, 1938 г.



П.Л.Нерви, А.Вителлоцци, Палаццетто, Рим, 1957 г.



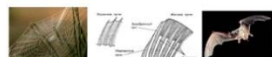
Н. Фостер, Большой Двор Британского музея, Лондон, Великобритания, 2000 г.



Н. Гримшоу, Проект "Эдем", Корнуолл, Великобритания, 2001 г.

вантовые, стержне-вантовые конструкции

мембраны, тентовые покрытия



Отто Фрай, Music Pavilion, Kassel, Germany, 1955 г.



Отто Фрай, Pavilion "Tanzbrunnen", Cologne, Germany, 1957 г.



Отто Фрай, The German Pavilion, Expo '67, Montreal, Canada



Отто Фрай, Roofs of the Olympic Stadium Munich, Germany, 1972 г.

пневматические конструкции



Отто Фрай, Feasibility study "City in the Antarctica", 1971г.



Фирма "Крупп", Стандартная пневматическая оболочка, ФРГ, комплекс, Пекин, Китай



Арх. Бюро PTW, Плавательный бассейн, Пекин, Китай



Бюро «Херцог и де Мёрон», Футбольный стадион, Мюнхен, Германия, 2002-2005 гг.

Рис.1

Основные этапы формирования БМ подхода в архитектурном проектировании

Часть 1.

БМ подход на основе природного процесса (со 2 пол. 1970-хх гг)

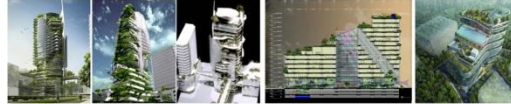
энергоэффективное проектирование как процесс управления и распределения материалов и энергией

изучение динамических открытых систем, способных к переходу на более высокий уровень организации за счет выхода из состояния равновесия

БМ подход на основе природного материала (с 1990-хх гг)



устойчивость



Кен Янг, EDITT Tower, Сингапур, 1998г. Кен Янг, Солярис, Сингапур, 2011 г.

самоорганизация

изменчивость, эволюционирование



Кионори Кикутакэ, Sky house, Аркиграм, "Plug-in-city", 1964 г.

фрактальная геометрия

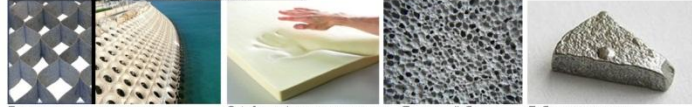


Цви Хекер, Спиральный дом в Рамат-Гане, Израиль, 1981-1986 г. Цви Хекер, Школа Хайнц-Галински, Берлин, Германия, 1990-1995 г.

Кэндзо Танге, Fuji TV на Одайбе, Токио, Япония, 1996 г.

традиционные материалы

ячеистые материалы



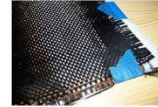
Георешетка, укрепительные сооружения

Ortofoam (основа- простые и сложные полиэферы)

Ячеистый бетон

Губчатое железо

волокна



Углеродное волокно

композитные материалы

КОМПОЗИТЫ



Углепластик

Стеклопластик

Бетон

умные (адаптивные) материалы наноматериалы



Компания Corning, антибликовое покрытие стекла

Комплексный БМ подход на основе природных характеристик (форма, конструкция, материал, процесс, функция) (с 2000-хх гг)

<p>Арх. Ryohei Koike, Jarod Poenisch, Skyscraper Competition (США) 2010</p>	<p>Группа учёных Накагаки и Ямада, Транспортная сеть Токио (эксперимент) (Токио, Япония) 2010</p>	<p>Архитекторы Nicolas Chausson, Gaël Desvieux, Jiao Yang Huang, Thomas Jullien «Freshwater Factory Skyscraper» (Skyscraper Competition) (Франция) 2010</p>	<p>ICD и ITKE, исследовательский павильон (Штутгарт, Германия) 2011</p>	<p>Компания PHILIPS, Bio-light Проект 2011</p>	<p>Бюро urbanlab MoMA PS1 (Нью-Йорк, США) 2012</p>
<p>Паутина паука</p>	<p>Плесневый гриб</p>	<p>Мангровое дерево</p>	<p>скелет плоского</p>	<p>Светлячки</p>	<p>Лист, гриб</p>

Рис.2

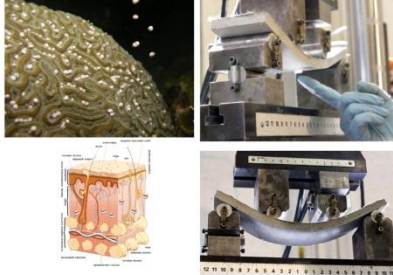
Основные этапы формирования БМ подхода в архитектурном проектировании

Часть 2.

АРХИТЕКТУРНАЯ БИОМИМЕТИКА (2013)

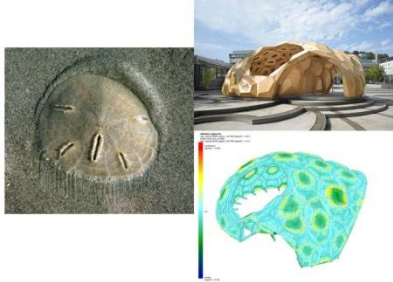
структурная

БМ материалы



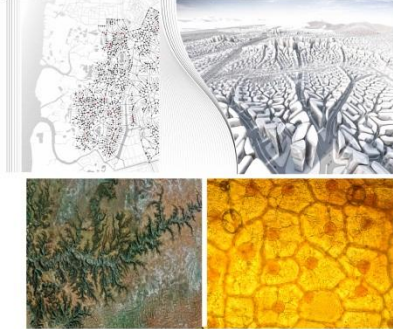
кожа человека; карбонат кальция саморегенерирующийся бетон

БМ конструкции



скелет плоского морского ежа
исследовательский павильон
Штутгартского университета

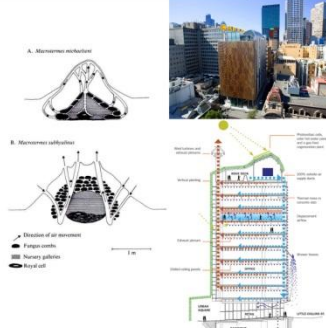
Строение микроструктур (цитология)



Adaptive urban fabric (для Navi Mumbai)
Designer(s): Ursula Frick, Thomas Grabner, 2013 год
клеточная структура, фракталы

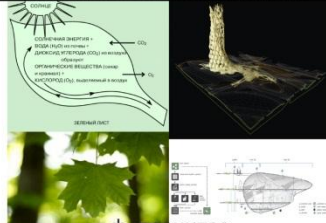
процессуальная

Климатическая (энергетическая) добыча, переработка, хранение, использование энергии



термитник
CH2 building, арх. Мик Пирс

Процессуальная БМ фотосинтез, переработка, вторичное использование материалов



фотосинтез
The Graft Tower, Diego Taccoli, Sizhe Chen, Tyler Wallace

Двигательная движение и соответствующую ему структуру



плющ
Solar Ivy (Солнечный плющ)
(Фотоэлектрические листья)
Сэмуэл и Тересита Кочран, комп. SMIT



Rolling Bridge ("скручивающийся мост"), Томас Хэтервик (Thomas Heatherwick), Паддингтон, Лондон, Великобритания, 2004

информативная

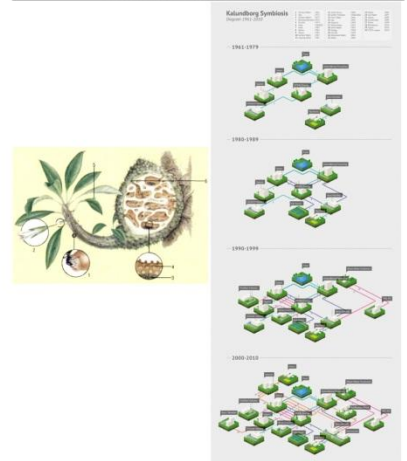
Биомиметика эволюционирования

- адаптация и трансформация здания (онтогенез)
- развитие архитектурной типологии (филогенез)



реорганизация, метаморфозы
реконструкция, реновация

Организационная БМ взаимосвязь систем



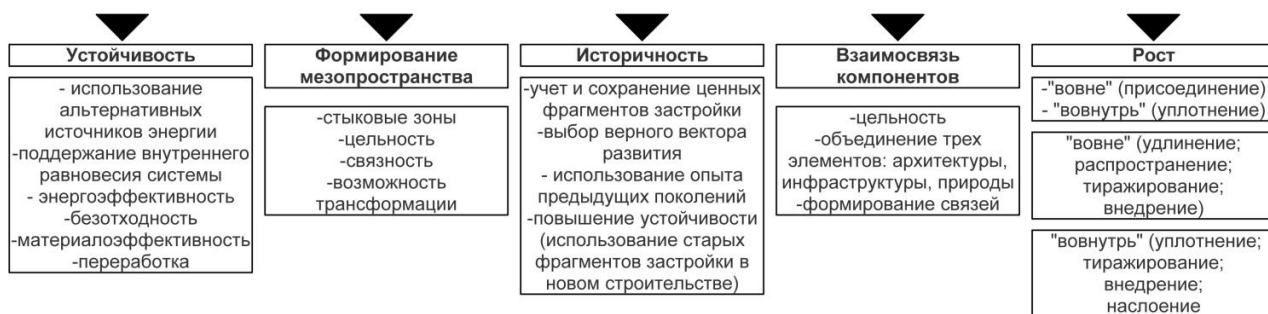
симбиоз
Kalundborg Symbiosis
(Калуннборг, Дания)

Рис.3

Современная структура архитектурной биомиметики



БМ принципы архитектурного проектирования



БМ методы познания

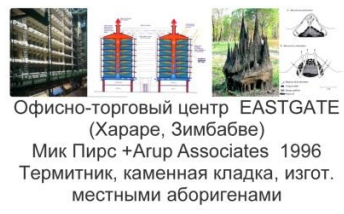


Рис.4

Биомиметические принципы и методы архитектурного проектирования

№ п/п
п/п

№ п/п	БМ ПРИНЦИП	ур	ФОРМА
1	Адаптация	О	Трансформация формы в соответствии с изменением условий внешней (климат) и внутренней (функция) среды
		Г	Комплексная трансформация: возможность замены элементов застройки; комплексного видоизменения плана
2	Открытость	О	Визуальная открытость: остекление; -соответствие оболочки здания функции
		Г	Визуальная открытость и доступность основного количества городских территорий - Пешая доступность; Транспортная доступность -Визуальные связи
3	Вариативность	О	Разнообразие форм
		Г	1.Вариативность путей доступа из одной точки города в другую 2.Планировочное разнообразие городской ткани города
4	Минимизация информации	О	Компоновка малых единиц: -модульность (ячеистость) -фракталы
		Г	Унифицированные "модули" городского планирования с предусмотренной возможностью смены типа застройки
5	Устойчивость	О	1. Минимизация площади поверхности здания 2. компактные здания (рациональное соотношение объема к площади)
		Г	Минимизация длины связей (децентрализация) Компактная планировка
6	Формирование мезопространства	О	Взаимосвязь (+плавный переход) внешнего и внутреннего пространства
		Г	1. Инфраструктурализм (стирание границ между архитектурой и инфраструктурой): эксплуатация первых этажей зданий городом, зоны общей доступности внутри здания; архитектурный объект как связь между двумя точками 2. Создание и разработка стыковых территорий между различными функциональными зонами ("городские экотоны")
7	Историчность	О	Масштаб объекта, сопоставимый с масштабом окружающей застройки
		Г	1. Взаимосвязь с существующими системами путей 2. Сомасштабность новых и старых элементов городского плана (городская ткань)
8	Взаимосвязь компонентов	О	Иерархия элементов здания
		Г	Упорядоченная система - связей - элементов городского плана
9	Рост	О	Увеличение объема здания: добавление; наслоение; тиражирование; элементов; трансформация (временное увеличение)
		Г	Развитие системы связей: удлинение; лучистость; ветвление; наслоение. "Рост" территории 1. "Вовне": удлинение; распространение; тиражирование; внедрение 2. "Вовнутрь": уплотнение; тиражирование; внедрение; наслоение.

Примечание: О – архитектурный объект; Г – градостроительство

Табл.1

Биомиметические приемы проектирования. Тип заимствования - ФОРМА

№ п/п
п/п

№ п/п	БМ ПРИНЦИП	ур	КОНСТРУКЦИЯ
1	Адаптация	О	Разделение элементов на временные и постоянные
		Г	1. Возможность изменения направления и характера связей 2. Отделение "ценных", "живых" фрагментов застройки от "неживых"
2	Открытость	О	-
		Г	-
3	Вариативность	О	Унификация элементов (с учетом многообразия возможностей использования)
		Г	-
4	Минимизация информации	О	Конструктивная легкость - вес конструкции, изготовление, сборка, монтаж
		Г	Легкость транспортировки
5	Устойчивость	О	Использование существующих конструкций (интеграция нового в старое)
		Г	Оптимизация целой структуры, вместо улучшения отдельных частей
6	Формирование мезопространства	О	-
		Г	-
7	Историчность	О	Использование существующих конструкций
		Г	Учет особенностей окружающей среды (рельеф, климат) и особенности застройки при проектировании: - путей сообщения -элементов городской застройки
8	Взаимосвязь компонентов	О	Многоцелевое использование элементов (в различных типах конструкций)
		Г	Возможность многоцелевого использования элементов городской ткани (унифицированные размеры)
9	Рост	О	-
		Г	-

Примечание: О – архитектурный объект; Г – градостроительство

Табл.2

*Биомиметические приемы проектирования.**Тип заимствования - КОНСТРУКЦИЯ*

№ п/п
п/п

№ п/п	БМ ПРИНЦИП	ур	МАТЕРИАЛ
1	Адаптация	О	Изменение свойств материала в соответствии с изменением условий внешней (климат) и внутренней (функция) среды
		Г	-
2	Открытость	О	-
		Г	-
3	Вариативность	О	Многофункциональность материала (умные композитные материалы)
		Г	-
4	Минимизация информации	О	Использование небольшого количества видов материалов
		Г	-
5	Устойчивость	О	1. Материалоэффективность 2. Использование "дружелюбных" к среде, нетоксичных материалов 3. Переработка материалов (вторичное использование)
		Г	Использование экологичных материалов и цветов в градостроительном планировании
6	Формирование мезопространства	О	-
		Г	-
7	Историчность	О	Использование местных материалов
		Г	-
8	Взаимосвязь компонентов	О	1. Связанная работа ограждающих и несущих систем здания (например, композитные материалы) 2. Оптимизация свойств материалов за счет совместной работы
		Г	-
9	Рост	О	-
		Г	-

Примечание: О – архитектурный объект; Г – градостроительство

Табл.3

*Биомиметические приемы проектирования**Тип заимствования - МАТЕРИАЛ*

№ п/п
п/п

№ п/п	БМ ПРИНЦИП	у р	ПРОЦЕСС
1	Адаптация	О	Изменение процессов регуляции внутренней среды в соответствии с изменением внешних (климат) и внутренних (функция) условий -вентиляция и кондиционирование -получение энергии (в зависимости от погодных условий - движение фотоэлектрических панелей, ветряки)
		Г	1.Адаптация под характер местности: источники энергии - солнце, ветер, вода и т.д. 2. Взаимовыгодное расположение объектов, использование отходов (энергии, продукции) одного объекта другим
2	Открытость	О	Взаимосвязь процессов, протекающих внутри здания
		Г	1.Взаимосвязь процессов в городской среде (взаимодействие с окружением) 2.Взаимосвязь процессов протекающих на различных территориях (городских модулях)
3	Вариативность	О	Вариативность возможного развития процессов, протекающих внутри здания
		Г	Вариативность возможного развития процессов в городской среде (взаимодействие с окружением) 2. Вариативность возможного развития процессов протекающих на различных территориях (городских модулях)
4	Минимизация информации	О	1.Низкое потребление энергии (в период эксплуатации) 2.Низкое потребление "серой" энергии (при изготовлении, транспортировке, монтаже и сносе)
		Г	-
5	Устойчивость	О	1.Использование возобновляемых источников энергии (солнце, ветер, вода, биомасса, биогаз, геотермальные источники) 2.пассивное использование энергии
		Г	1.Создание замкнутых (по возможности) энергетических циклов 2.Использование климаторегулирующих эффектов природной среды - растения, водные поверхности
6	Формирование мезопространства	О	1.Взаимосвязь процессов протекающих снаружи и внутри здания 2.Пути (связи), проходящие в / через здание
		Г	Разделение городских пространств на зоны постоянного и временного использования
7	Историчность	О	1.Ориентация 2.Использование существующих условий природной и искусственной среды
		Г	1.Сохранение существующей растительности для поддержания сложившихся условий окружающей среды 2.Возможное сохранение существующих планировочных единиц и структур или их учет при новом проектировании
8	Взаимосвязь компонентов	О	Взаимосвязанная система получения и расхода энергии и веществ
		Г	1.Обеспечение удобных связей между элементами городской застройки 2.Взаимовыгодное сосуществование (симбиоз) новых и старых процессов в городе
9	Рост	О	-
		Г	-

Примечание: О – архитектурный объект; Г – градостроительство

Табл.4

Биомиметические приемы проектирования. Тип заимствования - ПРОЦЕСС

№ п/п
п/п

№ п/п	БМ ПРИНЦИП	ур	ФУНКЦИЯ
1	Адаптация	О	Смена функции в зависимости от: - природных характеристик (времени суток, года) - внутренних потребностей
		Г	1.Гибкость связей - изменить путь (связи между объектами различного функционального назначения) - изменить положение объекта (мобильные объекты) - короткие связи: логистика перевозок, индивидуальный траффик. 2.Взаимовыгодное расположение различных функций (жилье+работа+сфера обслуживания+культура; производство+потребление)
2	Открытость	О	1.Зонирование нулевого уровня 2.Внедрение общедоступных зон внутрь здания
		Г	Развитая инфраструктура (взаимодействие различных функций)
3	Вариативность	О	Многофункциональность здания
		Г	1.Многофункциональность связей (сеть -соединение большого количества точек) 2.Многофункциональность городских территорий
4	Минимизация информации	О	Легкость потенциальной трансформации (перестройки)
		Г	Легкость потенциальной трансформации (перестройки) городской единицы или структуры в целом
5	Устойчивость	О	Новая функция оболочки - озеленение фасадов, кровли
		Г	1.Развитие зеленых зон в городе и их внедрение в застройку 2. Интеграция парковок в зеленые зоны
6	Формирование мезопространства	О	1. Интеграция природы в архитектуру 2. Интеграция архитектуры в природу 3. Интеграция архитектуры в архитектуру
		Г	Создание переходных зон между различными функциональными зонами
7	Историчность	О	Анализ существующего окружения и функционального развития объекта
		Г	Анализ формирования существующего функционального зонирования территории и их взаимосвязи на генеральном плане
8	Взаимосвязь компонентов	О	Взаимосвязанное функционирование различных зон внутри одного здания
		Г	Взаимовыгодное функционирование различных систем внутри одной городской территории (коэволюция)
9	Рост	О	Увеличение количества функций объекта
		Г	1. Увеличение количества функциональных связей 2. Увеличение значимости функциональной связи (количество соединяющих объектов) 3. Увеличение функциональной дифференциации территории

Примечание: О – архитектурный объект; Г – градостроительство

Табл.5

Биомиметические приемы проектирования. Тип заимствования – ФУНКЦИЯ

Подписано в печать 22.11.2013

Тираж 100 экз.

Отпечатано: Отдел оперативной полиграфии МАРХИ

107031 г. Москва, ул. Рождественка, д. 11/4, корп. 1, стр. 4