

ИНСТИТУТ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗКУСТВОТА, БАН



НОНА ТОШЕВА ЦЕКОВА

**ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ НА
БИОНИКАТА И
БИОМИМЕТИКАТА И ТЕХНИТЕ
ТРАНСФОРМАЦИИ В
СЪВРЕМЕННАТА АРХИТЕКТУРА**

АВТОРЕФЕРАТ

НА ДИСЕРТАЦИЯ ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА
ОБРАЗОВАТЕЛНАТА И НАУЧНА СТЕПЕН *ДОКТОР*

СОФИЯ
2021

ИНСТИТУТ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗКУСТВОТА, БАН

НОНА ТОШЕВА ЦЕКОВА

**ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ НА
БИОНИКАТА И
БИОМИМЕТИКАТА И ТЕХНИТЕ
ТРАНСФОРМАЦИИ В
СЪВРЕМЕННАТА АРХИТЕКТУРА**

АВТОРЕФЕРАТ

НА ДИСЕРТАЦИЯ ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА
ОБРАЗОВАТЕЛНАТА И НАУЧНА СТЕПЕН *ДОКТОР*
ПО НАУЧНАТА СПЕЦИАЛНОСТ
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ НА АРХИТЕКТУРАТА, 5.7.

Научен ръководител
Рецензенти

доц. д-р арх. Стела Ташева
чл.- кор. проф. д.а.н. арх. Атанас Ковачев
проф. д-р Йоана Спасова-Дикова

София, 2021

Дисертационният труд е обсъден и насочен за публична защита на заседание на ИГ Ново българско изкуство, проведено на 08.07. 2021г.

Дисертационният труд е в обем от 165 страници, предговор, 3 глави, заключение и приноси. Цитираната литература и информационни източници включва 11 заглавия библиография на кирилица; 39 заглавия на латиница; 134 бр. самостоятелни интернет източници. Допълнителна литература: 21 източника. След приложенията с библиография и източници са поместени още 2 приложения – „речник на някои съвременни архитектурни термини“ и „каталог с изображения“ (от още 105 стр.).

Публичната защита ще се проведе на 30.11.2021 г. от 11:00 ч. на заседание на научно жури в състав: чл. - кор. проф. д.а.н. арх. Атанас Ковачев, ЛГУ, рецензент; проф. д-р Ирина Генова, ИИИЗк, председател; проф. д-р Йоана Спасова-Дикова, ИИИЗк, рецензент, проф. д-р арх. Орлин Давчев, УАСГ; доц. д-р арх. Стефан Аспарухов, УАСГ.

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в отдел *Административно обслужване* на Института за изследване на изкуствата на ул. *Кракра 21*.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на изследването и състояние на въпроса

Актуалност на изследването. В основата си актуалността на това изследване се определя от факта, че биониката и биомиметиката(биомимикрията) са млади, динамично развиващи се и интердисциплинарни сфери от науката. Интересът към темата се потвърждава от наличието на множество нюанси и преливане в терминологията - съвременните определения на изброените понятия са флуидни, претърпяват постоянна преработка от различни автори. В тази връзка предложенията за тълкуване и допълващи значения пораждаат и множество разклонения на термините и уточняващи понятия като „техническа бионика“, „архитектурна бионика“, „биостатика“, „биомеханика“, „биоенергетика“, „биоинспириран“ дизайн, „биоморфна архитектура“, „биофилия“, „био-утилизация“ и др. Същевременно, развитието и отвореният за тълкуване потенциал на понятията към момента водят и до необходимост от тяхното преосмисляне, своеобразна подредба и категоризация.

В допълнение, актуалността на дисертационната проблематика днес се аргументира и от състоянието на съвременните похвати за проектиране и изграждане. Средства като параметричното проектиране, в комбинация с различни технологии за дигиталната фабрикация и бързо прототипиране, не са били толкова широко достъпни за анализ и симулация в близкото минало. Компютърно подпомогнатите средства за дизайн и производство („CAD“ и „CAM“) дават все по-големи възможности за развитие на темата, за анализ и прилагане на изследваните принципи на повече от едно ниво - от чисто формално и механично, към структурно, интерактивно и екосистемно – особено в условия на интердисциплинарни изследвания.

Актуалността на изследването се потвърждава и от тясната му обвързаност с други ключови за еволюцията на архитектурата през XXI век теми като: устойчивост (устойчива архитектура), еко-архитектура (екологичен дизайн, природосъобразни системи и естествени материали в архитектурата), концепциите за параметричен/алгоритмичен дизайн, за автоматизация и интерактивност в архитектурата, за прилагане на новаторски „умни“ материали. Не на последно място, в сегашния момент може ясно да се оцени, че бионичните и биомиметични търсения още от средата и края на XX век носят своите социални, регионални и културни черти. Те също трябва да бъдат осмислени от съвременна гледна точка, използвайки предимството на времевата дистанция и натрупаната нова опитност в проучванията по темата. Особено актуален

аспект в този смисъл представлява и изследването на трансформациите на бионичните принципи в зависимост от различни исторически, регионални и технологични дадености (вкл. в българска среда), както и възможната им обвързаност и преплитане с традиционни техники и материали и със съвременни архитектурни тенденции.

Състояние на въпроса. Изследването на природната среда – нейните механизми, самоорганизация и адаптация – било то в живата или в неживата природа, интересува човека още от древността. Сетивните реакции на стимулите на средата прерастват постепенно в еволюционно проверени решения при биологичните форми и процеси. Съзнателно или не, търсенето на вдъхновение и отговори в тях, води до интересни визуални и технологични аналогии още между първите създавани „постройки“ за човешко обитаване и птичите гнезда, боброви и термитни структури и др. Подобни аналогии са налице и в разработките на ренесансови изследователи като Леонардо да Винчи, а в последствие такива творчески и научни подходи и начините за тяхното прилагане непрекъснато се надграждат. Терминът „бионика“ е въведен през 1958 г. от американския лекар д-р Джак Стийл (Jack E. Steele) във връзка със системи с природни или аналогични характеристики¹. А терминът „биомиметика“ е въведен през 1950-те от американския биофизик Отто Шмит (Otto Schmitt) и е свързан с „проектиране и производство на материали, структури и системи, моделирани по биологични обекти и процеси“². Във втората половина и края на XX век тези две понятия се оказват широко разпространени в редица социални и хуманитарни науки. Синхронно и диахронично във времето се появяват и множеството, вече споменати в горната точка, сродни и допълващи понятия. Това живо развитие свидетелства за продължаващия и дори засилен научен интерес към темата, който я прави още по-всеобхватна и интердисциплинарна. Генерираната терминология, в своето многообразие и развитие, е проследена и подробно разгледана в първа глава от настоящия текст.

В нашето съвремие методите, свързани с биониката и биомиметиката, все повече се преплитат и търсят симбиотични взаимовръзки, както помежду си, така и с други

¹Julian F. V. Vincent*, Olga A. Bogatyreva, Nikolaj R. Bogatyrev, Adrian Bowyer and Anja-Karina Pahl. Biomimetics: its practice and theory, Department of Mechanical Engineering, Centre for Biomimetic and Natural Technologies, University of Bath, UK. doi:10.1098/rsif.2006.0127, Journal of The Royal Society Interface, Published online 18 April 2006, p.471.

²The design and production of materials, structures, and systems that are modelled on biological entities and processes.“ - Oxford Dictionary, достъпно на: www.lexico.com/definition/biomimicry, [последно посетено на 26.05.2019]

различни сфери на науката. Това се отразява и в развитието на архитектурата и дизайна - в търсенията както на съвременни пластически решения, художествени образи и строителни подходи, така и на нови типове хабитатни разработки, новаторски материали и интерактивни системи. Наблюдават се все по-силно изразена интердисциплинарност в подходите и изследванията, все по-задълбочен и многопластов анализ, а с всичко това - и по-широко разгръщане на методите и посоките на приложение. С течение на времето проектирането през призмата на вдъхновени от природата принципи претърпява няколкократно концептуално развитие и се проявява на множество нива – от чиста имитация на формални характеристики през иновативни конструктивни, аналитични и структуриращи, материални и дори екосистемни подходи, до механизми, основаващи се на самоорганизация, адаптация и емергентност. В комбинация с бързото развитие на технологиите се отварят и възможности за преходи от утопични хипотези към реални експерименти, което носи и своите социални и културни рефлексии.

Известни разработки от втората половина на XX и началото на XXI век, които имат отношение към бионичните методи в посока формообразуване и в следствие при различни други етапи от архитектурното творчество са дело на Ю. Лебедев, К. Александър(Alexander, C), Д. У. Томпсън(D.W. Thompson), Н. Оксман(Neri Oxman), Майкъл Паулин(Michael Pawlyn), Майбриг П. Зари(Maibritt Pedersen Zari), Петра Грубер(Petra Gruber), Томас Шпек(Thomas Speck), Ян Книперс(Jan Knippers), Астериос Агатидис(Asterios Agathidis), Ахим Менгес(Achim Menges), Джени Сабин(Jenny Sabin), Филип Бийзли(Philip Beesley) и др. Експериментална и приложна дейност в областта се развива активно в някои архитектурни и научни центрове в чужбина (например в ICD - Institute for Computational Design, Щутгарт; IAAC - Institute for advanced architecture of Catalonia, Барселона; The MIT Media Lab, Масачузетс, САЩ и др.).

Важно е да се отбележе, че редица архитектурни практики и теоретични проучвания в България също се развиват в полето на биониката и биомиметиката - с отделни научни изследвания; при проектни търсения, свързани с модулност, с устойчивост и с други аспекти на вдъхновение и връзка с природата, както и на аналогии с нейните механизми и системи. Тук могат да се споменат някои имена на автори с отношение и разработки, свързани с темата като: Асен Милчев, архитект Матей Матеев, доцент д-р-архитект Добринка Желева-Мартинс, архитект Росица Пеева и др. В последните години, поради развитието и на споменатите параметрични средства за анализ и проектиране в архитектурата, се наблюдават и все повече концептуални разработки у нас, повлияни от

биомиметична тематика още от студентско ниво. Към момента, бионични подходи са били обект и на някои дисертации в България. Това са например разработките на: Рангел Чипев, „Бионика в индустриалния дизайн за интериор и екстериор“, защитена в НХА през 2013 г. и на Емилия Панайотова, „Природни форми и дизайн. Системен подход при изграждане на жизнената среда“, защитена през 2013 г. в НБУ.

Обект, предмет, цел, граници и методика на настоящото изследване

Обект на изследването са бионични(биомиметични) подходи в съвременната архитектура. Разглеждат се научни и концептуални разработки, както и примерни изследователски казуси при отделни архитектурни творби на автори като Фрай Отто, Кишо Курокава, Соу Фуджимото, Сантяго Калатрава, Шигеру Бан, Паоло Солери, Николас Гримшоу, Антони Гауди, Кен Йанг, Нери Оксман, Майкъл Паулин, Майбриг Педерсен Зари, Матей Матеев, Асен Милчев, Росица Пеева, Милан Рашевски и др.

Предмет на изследването са трансформациите на разглежданите биомиметични методи и тенденции в съвременната архитектура. Акцентът е поставен на съвременните проявления с повишена степен на иновативност.

Важно е уточнението, че поради явната липса на по-голяма времева дистанция, активно развиващата се терминология и провежданата научно-изследователска дейност в сферата на биониката и биомиметиката в глобален план, по-голямата част от разглежданите методи могат да се характеризират като новаторски в един или друг аспект в различните научни школи. За яснота (и в съответствие с отчитане на определени тенденции), в разработката на дисертацията се приема, че *степента на иновативност* може да се определи като по-висока, ако са изпълнени (поотделно или едновременно) следните обобщени условия:

- отчитане на все по-изявени и също така повишени характеристики като - интер-и мултидисциплинарност, интерактивност, ефективност, холистичност (на анализ, на посоки на оптимизация, на приложение на методи);
- качествено нови комбинации от архитектурни подходи и методи, резултиращи в техните евентуални съвременни трансформации.

Така формулирана тенденцията за повишена степен на иновативност може да се проследи и в предложената от автора в първа глава разширена категоризация – по-

горните степени на приложение на методите, както и техните комбинации, съответстват и на по-високи нива на иновативност. Като предпоставка за повишена иновативност се счита и включването на поне две нива на прилагане на бионични подходи³.

Тук е необходимо да се изясни също, че под *трансформация* на методите се има предвид тяхното надграждане и своеобразна модификация до някаква степен, резултираща в повишена многопластовост и ефективност на повече нива, с изразено положителен аспект – а не цялостно преобразяване или негативна посока на развитие.

Цел на дисертацията е от една страна – обновено систематизиране на бионичните подходи и резултати в полето на съвременната архитектура. В допълнение към това се извършва и проследяване на характерни трансформации и техните ключови особености, както и възможната им взаимовръзка с регионални (и традиционни) строителни и архитектурни техники и методи. Друга цел на дисертационното проучване е оценка на възможностите за пренасянето им в българска среда, както и оценка на полетата и посоките за бъдещо развитие, трансформация, надграждане на разглежданите принципи като цяло.

Очакваните резултати са в областта на историята и теорията на съвременната архитектура. Във връзка с това към изследването са поставени следните задачи:

- Да се изследва развитието на ключови термини и определения в исторически план;
- Да се предложи осъвременяване и уточняващо разширяване на класификацията на биомиметичните методи и съответните нива на вдъхновение от природата;
- Да се проследят бионичните и био-инспирирани тенденции в българската архитектурна практика;
- Да се систематизира комбинираното приложение на биомиметичните принципи на две и повече нива (с повишена степен на иновативност) - през анализ на примери от световната практика - и да се потърси неговата взаимовръзка с устойчивите архитектурни концепции;

³ Под нива на прилагане се има предвид от една страна следната първоначална класификация (по Милчев, Асен. „Внушенията на природата: Архитектурната бионика“. София, Народна Младеч, 1984, с.19.):

- *Първо ниво* - Наподобяване на природни форми – само на формално ниво
- *Второ ниво* - Наподобяване и взаимстване на конструктивни принципи
- *Трето ниво* - Изследване и оптимизиране на архитектурата като организъм или екосистема;

и от друга страна - разработената в следствие от автора - разширена класификация, представена подробно в Глава 1.

- Да се проучи и обобщи концепцията за симбиотичност и да се зададе критерий за симбиотичност в архитектурното проектиране;
- Да се формулират характерни трансформации и трансформативният потенциал на дадени биомиметични методи в архитектурата;
- Да се разкрият комбинации между традиция и иновация в архитектурното проектиране и да се предложат нови възможности за експеримент, трансформация и симбиоза в тази посока.

Граници на изследването. Времевите граници, обхващащи проучваните подходи, са последните десетилетия на ХХ и началото на ХХІ век (до съвременността и все по-интензивно развиващите се новаторски и експериментални подходи в разглежданата област). Налични са единични препратки към по-ранни периоди с цел уточняване на терминология и изясняване на взаимовръзки.

Изследването няма да се ограничава географски по отношение на примерите, които се използват за онагледяване на различни твърдения и доказателства, поради недостатъчната застъпеност на темата в частност само в Европа или България.

Подборът на разглежданите разработки и концепции също така се ограничава от необходимостта да се покрият редица поставени критерии като – повишена степен на иновативност, както и архитектурна стойност, определена от редица фактори (някои, от които естетически, функционални, устойчиви, екологични характеристики; изявено отношение и връзка със заобикалящата среда, двупосочна интеракция (с обитателя); в някои случаи връзка с традиционни похвати и техники, както и с холистични принципи на анализ и проектиране; използване на бионично вдъхновение на две и повече нива - при подходи за анализ, дизайн, изграждане и т.н.).

Методика на изследване. Изследователската методика на дисертацията включва: аналитичен преглед на литературни източници; терминологична систематизация и синхронен анализ на научни гледни точки (когато е необходимо и семантичен анализ на определени понятия); подбор и оценка на ключови проекти и артефакти; извършване на сравнителен анализ на подобрени случаи, съобразно техните компоненти, характеристики и структурни връзки; експериментални постановки.

Обем и структура на дисертацията.

Изследването се състои от:

- **Уводна част, включваща постановката на проучването** – актуалност, проученост, обект, предмет, цел, граници, методология и очаквани резултати на дисертацията.
- **Три глави**, включващи известни и обобщени систематизации, авторски класификации, подходи и предложения. Те са разработени в следния ред:

- **Първа глава** на изследването, която е озаглавена – „Хронологичен преглед на термини и определения. Формулиране на степен на иновативност и предложение за нов тип класификация на биомиметичните методи.“ В нейния първи раздел хронологично се разглеждат основните понятия и подходи, които описват темата - тяхното въвеждане и развитие, градация на прилагане. В следващия, втори раздел се представя тяхната категоризация според различни автори. Разкрита е и възможност за нов тип разширена класификация на разглежданите методи на биониката и биомиметиката в архитектурата с оглед на съвременното все по-динамично развитие на областта, с присъщите му мултидисциплинарност и многоплановост. Предложените класифициращи нива се апробират при анализ на диалога между пространство и материал (материална обвивка) в архитектурата с цел да се изяснят тези отношения и през призмата на природо-инспирираните аналитични и формообразуващи методи (биомиметични принципи и системи). Авторската разширена категоризация на методите служи за основа и рамкиране при подбора на анализирани примери и при разгръщането на останалите теми в следващите глави от текста.

- **Втората глава** е наименована „Бионика и био-инспирирани тенденции в българската архитектурна среда. Анализ на примери от световната практика. Взаимовръзка с устойчиви концепции.“ В първи раздел се акцентира на приложението на разглежданите методи в българска среда – от традиции до съвременни концепции, допълвайки историческия преглед от първа глава. Анализът се развива отново на фона и в сравнение с примери и тенденции от световната архитектурна практика, с оценка на застъпеност и наличие на научен интерес, потенциал за развитие и обвързаност с успоредни тенденции в архитектурата (екологичните, устойчиви, органични тенденции, както и регенративен дизайн, интерактивност, параметричност и др.). Дискутират се възможности за връзка с традиционни регионални архитектурни и строителни

принципи. Във втори раздел се анализират водещи примери за архитектурни проекти и концепции, попадащи в описаните в предложената класификация параметри. Акцент на изследването са примерите, при които е налице залагане на приложението на биомиметични принципи на минимум две нива (и съответно от по-висока степен) – т.е. при които се отчита повишена степен на иновативност. В тази връзка се анализират нивата на бионично вдъхновение и приложение, потенциалът за развитие и трансформация на методите в посока на оптимизация, ревитализация, устойчивост, екологичност, интерактивност, мултидисциплинарност, все по-силно изразено „холистично“ проектиране и т.н. В последната част на раздела се извършва съпоставка с други съвременни тенденции, които имат допирни точки с последните нива на приложение в предложената авторска класификация. Разглеждат се различни подходи за екологична архитектура и връзката ѝ със съвременни концепции за биомиметика в устойчивата архитектура.

- **Трета глава** носи заглавието: „Трансформация и трансформативен потенциал на биомиметичните методи в архитектурата. Симбиотичност и авторски критерий за симбиотичност. Нови възможности за експеримент и симбиоза - комбинация между традиция и иновация - дискусия на хипотези.“ В първи раздел се въвежда авторски критерий за симбиотичност. Дискутира се възможността за използването му като помощен инструмент при архитектурно проектиране и изследователски задачи с цел оптимизационен анализ през бионична призма (на ефективността и общото поведение на архитектурните системи), както и с цел насока към потенции за нови проектантски подходи, за възможности за иновативни, експериментални комбинации с повишени устойчиви характеристики. Извършва се апробация на предложения от автора симбиотичен критерий чрез използването му при анализ на избрани естествени материали (с примери за традиционни и съвременни методи на приложение) и доколко тяхната употреба може да има такъв характер. Акцентът на втори раздел е в заключителната дискусия - "насоки за видове и характер на възможни трансформации на традиционни техники чрез бионични аналитични принципи и дизайн-подходи." Обсъждат се възможностите за комбинация между биомиметични и устойчиви подходи за използване на естествените материали в архитектурата и симбиотичните им и трансформативни потенциали. На базата на разсъжденията и сравнителен анализ се предлагат хипотетични алтернативни посоки на развитие и дизайн-мислене - потенциални трансформации, основани на комбинация от регионални влияния и иновативни бионични стратегии.

- **Заключителна част** на дисертацията, в която се обобщават някои основни линии на развитие на бионичните методи и трансформации, отчетени в процеса на анализ. Извеждат се и някои културни и социални отражения на биомиметичните концепции в архитектурата.

Очакваните резултати са в областта на теорията на съвременната архитектура и включват:

1. Преосмисляне на степените и нивата на използване на бионичните принципи в проектанския процес;
2. Съставяне на нов тип допълнена категоризация на разглежданите принципи с цел описване на съвременни тенденции на развитие и изследване на потенциали за трансформация и иновация;
3. Структуриране на данни и примери от специфично български контекст с цел обобщаване и сравнителен анализ на резултати и оценка на потенциални насоки и възможности за развитие, изследване, оптимизация;
4. Очертаване на тенденциите, определящи бъдещото развитие на подобни принципи, обвързаността им с други съвременни архитектурни концепции и потенциала за трансформация на базата на връзка както със съвременни, така и с регионални (и традиционни) техники и архитектурни подходи;
5. Предлагане на нови актуални насоки за анализ и оптимизация, на базата на бионични критерии и дискутиране на нови възможности за експериментални трансформации;

Потенциална новост е използването на съвременна призма, за да се систематизират основните методи, категории, подходи и тенденции в областта на биониката и биомиметиката в архитектурната област. Изследването на еволюцията им предвид трансформациите, наложени от регионални особености, също не е била изследвана до момента и има евристичен характер.

Разчитам настоящият текст да допринесе и за откриването на перспективи за последващи изследвания и допълващи бъдещи проучвания във връзка с теми като: тенденции за трансформации с бионично влияние в подходите на дизайн-мислене или проектански принципи и търсения; трансформация на традиционни строителни подходи на базата на бионично вдъхновение и анализ с цел повишена ефективност, устойчивост и общо екосистемно поведение.

КРАТКО ИЗЛОЖЕНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава 1: Хронологичен преглед на термини и определения. Формулиране на степен на иновативност и предложение за нов тип класификация на биомиметичните методи.

Вдъхновението от природните еволюционни решения присъства в архитектурните и изобщо творчески търсения на човека още от ранните етапи на нашата история. Тази тенденция, включително в полето на архитектурата, се описва с множество понятия, често преплитачи се като значения, в комбинация с допълващи концепции за органична архитектура, еко-архитектура, устойчива архитектура, които се появяват в различни етапи от развитието и теоретичната разработка на тези идейни постановки и носят разновидни нюанси и фокусни точки.

Първа глава се състои от два раздела с по няколко подраздела.

Първият раздел на главата е наименован „*Бионика и биомиметика – хронологичен преглед на основни термини и класификации*“.

В неговата **първа част** се представят и изясняват *термините бионика и биомиметика и други техни производни и свързани понятия*.

Целта на този раздел е да систематизира известни аспекти на множеството гледни точки и алтернативни посоки за архитектурни търсения в тази сфера (в хронологична линия – от появяването на основните понятия до по-скоро предложени и в известна степен по-нови такива). Резюмират се основни термини и се предлага общ преглед на различни определения, давани за биониката и биомиметиката (и други свързани с тях термини като „биомимикрия“, „биоморфен“, „био-инспириран дизайн“, „биофилия“ и др.), Представят се търсенията, които обхващат те в общ научен план и как се съотнасят към полето на архитектурата и дизайна. Направен е опит за тяхната условна систематизация и категоризация.

Известно определение за **биониката** е: “изучаването на механични системи, които функционират като живи организми или части от такива“⁴. Тази формулировка обаче фокусира вниманието към определението „механичен“ и конкретна имитация на

⁴ Oxford Dictionary 2016: “the study of mechanical systems that function like living organisms or parts of living organisms”.

Подобно определение се открива и в българското издание на „Речник на чуждите думи в българския език“ на Иван Габеров и Диана Стефанова (Пето преработено и допълнено издание, „Абагар“-АД, В.Търново, 2002, с.96) – „*Наука за механичните и електронните системи, които функционират по същия начин като живите системи или имат техни характеристики.*“

„функция“, съответно насочва към по-технологични аналогии. Това се оказва, че е често срещано разбиране, повлияно и от някои по-модерни употреби на термина в популярната култура (като филмовата индустрия – при филма “The Bionic Woman” – “Бионичната жена”, филм базиран на романа „Киборг“ на Мартин Кейдин). Но зададено така, определението и ограничава, с което частично се разминава с първоначалната концепция при въвеждането на термина. Затова и тълкуването, предложено от друг известен речник – Мериам-Уебстър, още през 1960г., а именно – „наука, занимаваща се с прилагането на информацията за функционирането на биологични системи при решаване на инженерни задачи“⁵, може да бъде наречено по-обхватно и точно. Етимологията на думата (bi + onics) може да се проследи през гръцките думи: “биос” – „живот“ и “техника” „изследване“. Терминът „бионика“ е въведен през 1958 г. от американския лекар Джек Стийл (Jack E. Steele) – според някои автори – след комбиниране на думите „биология“ и „електроника“. Д-р Стийл я определя именно с по-обобщеното - „наука за системи, които имат дадени функции, копирани от природата, или които притежават характеристики на природни системи или техни аналози“⁶. По-късно, в свой текст, посветен на биониката, но с акцент върху архитектурните приложения, българският автор Асен Милчев предлага едно допълнено определение: „Биониката се занимава с изследването на бионичните системи и процеси с цел да използва получените знания за разрешаването на инженерни задачи. Тя може да се разглежда и като учение за методите за създаване на технически системи, чиито характеристики се приближават до характеристиките на живите организми. Новата наука се стреми да пренесе в техниката най-добрите творения на природата, *най-рационалните и икономични структури*, които са се развили в биологичния свят в продължение на милион години.“⁷.

Биомиметиката (или биомимикрията) от своя страна има почти сходно значение с биониката като принципни търсения, но при нея се поставя ударение върху „мимезиса“ – имитацията - на механизми от природата. Нейното определение е формулирано от оксфордския английски речник като „проектиране и производство на

⁵ Meriam-Webster Dictionary, достъпно на : www.merriam-webster.com [последно посетено на 10 март 2018]

⁶ Julian F. V. Vincent*, Olga A. Bogatyreva, Nikolaj R. Bogatyrev, Adrian Bowyer and Anja-Karina Pahl. Biomimetics: its practice and theory, Department of Mechanical Engineering, Centre for Biomimetic and Natural Technologies, University of Bath, UK. doi:10.1098/rsif.2006.0127, Journal of The Royal Society Interface , Published online 18 April 2006, p.471.

⁷ Милчев, Асен , „Внушенията на природата: Архитектурната бионика“; София: Народна Младеж, 1984, с.6.

материали, структури и системи, моделирани по биологични обекти и процеси“⁸. Етимологията на термините отново се проследява от древногръцките думи βίος (*bios*), живот и μίμησις (*mīmēsis*), имитация, наподобяване, μιμεῖσθαι (*mīmeisthai*), подражавам. Този термин за пренасяне на идеи и аналогии от биологията в инженерството е въведен през 1950-те от американския биофизик и инженер Отто Шмит (Otto Schmitt), който в своето дисертационно проучване разработва физично устройство, което имитира електрическото биологично действие на нерва (т.н. „Schmitt trigger“)⁹. За сравнение с предходната формулировка, според първото въведено определение на термина в речника „Merriam-Webster“ биомиметика е : ”изучаването на организацията, структурата, или функцията на биологично произведени субстанции и материали (като ензими или коприна) и биологични механизми и процеси (като протеино- или фотосинтеза), особено с цел синтезиране на подобни продукти с изкуствени механизми, които имитират естествени такива“. Едни от класическите примери за приложението на биомиметиката в продуктовия дизайн са: „велкрото“ – вид система за закопчаване на дрехи и други продукти, разработена на базата на вид бодливо растение; радио- и хидролокаторите, създадени въз основа на изследвания на локационни апарати при животните (например при прилепите); „ефектът на лотуса“, който се използва при разработването на самопочистващи се бои и покрития.

В раздела са разгледани още редица производни и свързани понятия и принципи, които са директно обвързани или могат да бъдат пренесени и в полето на архитектурната бионика и биомиметичния дизайн. Някои от тях са „мимезисът“ (в исторически и изкуствоведски план), „биологична естетика“ „физиологична естетика“, т.нар. „икономичен принцип“ (съотнесен към проектантските подходи), „техническа бионика“, „архитектурна бионика“, „биостатика“, „биомеханика“, „биоенергетика“, „екомимикрия“, „биомимикрията“ (популяризирана от Джанин Бенюс с акцент върху „устойчивостта“ и екологичния дизайн), „биомутуализъм“, „био-инспириран дизайн“, „биоморфен“, „биофилия“, „био-утилизация“, „биорнаметика“ и др.

В следствие на проведения обзор на терминологията може да се заключи, че от съвременна гледна точка биониката и биомиметиката са често преплитащи се, взаимно допълващи се понятия, които намират своето приложение в много сфери на науката и нюансно променят значението си в зависимост от контекста, в който са поставени.

⁸ „The design and production of materials, structures, and systems that are modelled on biological entities and processes.“, Oxford Dictionary, 2016

⁹ Bhushan, Bharat. "Biomimetics: lessons from nature-an overview". *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences.*, 15 March 2009

Освен в медицинските и инженерните дисциплини, те се срещат в научни клонове от икономиката, социалните науки, компютърните науки и т.н. Пример за това са трудовете на архитект Кристофър Александър, в които той излага теорията си за „петнадесетте характеристики в природата“¹⁰. Акцент на настоящото изследване обаче е именно приложението на бионичните методи в полето на архитектурата и дизайна.

*В тази връзка, тук е мястото да се направи важното уточнение, че въпреки изяснената нюасност на термините, в следващите части от текста, **определенията „бионичен“ и „биомиметичен“ са използвани в качеството им на синоними във връзка с разглежданите „методи и системи, открити в природата“.** Биониката и биомиметиката определят и специфична сетивност и отношение към околната средата, към връзката между човек и природа, живо и неживо и целен баланс между технология и природа, и неминуемо носят и съответното си социално и културно значение и влияние.*

Във **втората част** на раздела се извършва *ревизия на нивата на вдъхновение от природата в архитектурата и продуктивния дизайн.*

Както и в общия по-философски обзор на терминологията, така и в полето на архитектурата могат да се проследят различните нива на вдъхновение от природните форми и системи още от най-ранните етапи на развитие на това изкуство. В архитектурата, стремежът към „съвършенството на природата“ също започва от чисто естетически и формалистични търсения и постепенно преминава през различен спектър на приложение и насоченост, за да достигне до новаторски проявления. Мащабът на разработките също е разнообразен - от едро-урбанистичен до детайл, отделна сградна функция или форма на материалност.

Архитектурният анализ на вдъхновението от природата започва още от използването на флорални и зооморфни мотиви като декоративни елементи и апликация в интериора и екстериора. Вярно е, че този тип естетизация на архитектурни елементи чрез природни форми е твърде далеч от разбирането за бионична архитектура днес, но всъщност, присъствието на тези детайли не винаги има чисто естетически смисъл. Много често *символното* значение на орнаментите е водещото. В раздела е разгледано наблюдението за своеобразна цикличност на по-отчетливо завръщане към природното начало на различни етапи в архитектурните търсения. Често такива паралелни течения се появяват в отговор на сякаш прекалената „механизация“ или

¹⁰ Alexander, C. A. The Nature of Order, Book One: An Essay on the Art of Building and the Nature of the Universe, Center for Environmental Structure, Berkeley, CA, 2002-2004. p.244-295

пораждащата се някак строга, „неестествена“ среда на обитаване – сблъскват се споменати модернистки концепции за пропорционалност, извлечена от човешката природа, но и формообразуване, съпътстващ микроклимат и „архитектурен биотоп“ в разрыв с този първоизточник на вдъхновение.

Анализът продължава през съвременна призма, аналогично с тенденцията за преход към четвърта индустриална революция - съпътствана от нарастващата и всеобхватна дигитализация, интерактивни („умни“) системи и материали и „новата модулност“¹¹ на параметричния и алгоритмичен дизайн, „формата като диаграма“-преди и сега, както и размиване на границите между физическата, дигиталната и биологичната сфера. Повишените изчислителни способности на развиващите се дигитални системи за проектиране и производство и съпътстващата ги възможност за много по-лесно постигане на сложни параметрични форми резултира обаче в засилване на някои понякога привидно биоморфни тенденции. От друга страна, дори и при чисто механичното привнасяне на природни форми или биоморфни нюанси в естетиката на дизайна не трябва да се омаловажава опита за експеримент с все още неконвенционален тип формообразуване, което неизбежно води и до нови типове пространство и начини за неговото постигане и обживяване.

Изследването в дълбочина на природните механизми, форми и системи (в това число и споменатото математическо такова, но не само) води към тенденции за разширяване на възможностите за прилагане на бионичните принципи на повече нива. Тези потенцици за залагане на методите не само като биоморфно вдъхновение под различна форма, както в процеса на проектиране, така и в последствие в самия „живот“ на архитектурния обект и допълващата го среда са представени при текстове на архитект Юрий С. Лебедев¹², където се отчита първото въвеждане на термина „архитектурна бионика“ като подразделение на „техническата бионика“. Загатнатата още там връзка на биомиметичните принципи с екологичната страна на архитектурното проектиране се открива и в анализирани текстове на Асен Милчев. Биомиметични

¹¹ Уточнение за израза от автора, цитат от статия „Триизмерно принтиране и архитектурното образование в България“ за сп. Архитектура (бр.5, 2017г., арх.Н.Цекова). - „Новата модулност“, съотнесена към параметризма звучи парадоксално антонимично, като се има предвид уникалността на елементите и тоталната липса на унификация. От друга страна ако технологията на производство е цифрово продължение на метода на проектиране, а оптимизация се търси на ниво използван материал, както и връзка и пренасяне на информацията, тогава унификацията вече има съществено намалено значение в процеса на производството. Необходимостта от стандартни елементи се заменя от стандартизация не на детайлите, а на процеса на дефиниране, изграждане на формата.

¹² Лебедев, Ю.С. и др. Архитектурная бионика, Стройиздат, Москва, 1990

принципи са разгледани не само като метод за търсене на формално и структурно вдъхновение и подобрене, но и в по-голям мащаб - с цел по-„жива“ връзка между среда и архитектура - с акцент върху баланса между технология, природа и здравословен микроклимат, до развитие на еко-устойчиви човешки хабитати.

В съвременния динамичен свят все по-често се наблюдава вплитане на привидно далечни полета на научни търсения. Вековната тенденция за тясна специализация и научна „сегрегация“ постепенно обръща посоката си в търсене на нови пресечни точки и неочаквани нови „композижни хоризонти“. Архитектурата и дизайнът като съставна част и неизменна градивна единица или средство за оформяне на съвременните социални и културни аспекти от живота на човека възприемат тази тенденция на преплитане на привидни противоположности като екологичност и технологичност, завръщане към природата и синтетично програмиране. Големият потенциал на биониката и биомиметиката и постоянното им развитие се дължи до голяма степен на тази мултидисциплинарност, която свързва неочаквани сфери на науката, благодарение на високия потенциал за разнопосочна трактовка на изведените от природата принципи. Такова преплитане води до възможности за нови гледни точки и съответно нови посоки за решаване на съществуващи и новопоявяващи се проблеми и казуси. Те са свързани не само с чисто архитектурни задачи (естетически или функционални), но и с множество по-глобални теми като екологичност, качество на живот, реурсна ефективност, икономически тенденции и най-общо с отношението на човека към обграждащата го среда.

Вторият раздел от главата носи заглавието *„Степен на иновативност на методите на биониката и биомиметиката в архитектурата - предложение за разширена авторска категоризация. Анализ на диалогичната двойка „материал-пространство“ през бионична призма – апробация на предложената класификация.“*

В него се въвежда предложението за допълнена, разширена класификация на разглежданите методи на биониката и биомиметиката в архитектурата. Анализират се водещи примери за архитектурни проекти и концепции, попадащи в описаните в предложената класификация параметри.

В първата част на раздела се представя *обобщение на известни систематизации на бионичните принципи и методи.*

Динамичното развитие на темата за биониката и биомиметиката се наблюдава в подходите на проучване и прилагане на съществуващи решения; в търсене на нови такива; във все по-голямата степен на „научен синтез“ в областта. Надграждат се както

нивата на анализ на природните компоненти и произтичащите преоткрити ценностни взаимовръзки между живите организми и архитектурната среда, така и слоевете и принципите на прилагане на изследваните подходи. *В тази част от текста се прави преглед на някои предложения за систематизация на бионичните принципи (както методи на архитектурната бионика, така и изобщо на природно-инспирирания дизайн) от гледна точка на развитието на бионичните подходи и съвременните посоки на научни търсения в тяхната област, в частност съотнесени към полето на архитектурата и дизайна.*

Представени са известни класификации на бионичните методи, които биха могли да се комбинират и доразвият чрез разделяне на нива на проникване (начин на прилагане на заимстваните принципи) – от единично приложение към комплексност; от статичност към динамичност; от механично пренасяне към адаптивност и интерактивност, от моно- към мултидисциплинарност.

Във втората част от раздела е развито предложението за авторска *разширена категоризация*. Отчитайки споменатите възможности за комбинации и след анализ на споменатите случаи и данни, авторът предлага **допълнена категоризация на бионичните подходи в архитектурата. В нея акцент е проследяването на разширените нива и тяхното прилагане, както и тенденцията за повишени интерактивност, мултидисциплинарност, холистична и активна връзка със средата (екосистемата)**. В обобщен вид, в категоризацията са представени следните степени (в комбинация със съответни примери на няколко нива в различен мащаб):

1. Бионичен подход от първа степен - Механично приложен принцип само на едно ниво - вдъхновение от природата на чисто формално ниво - т.е. чист биоморфен подход.

2. Бионичен подход от втора степен - Механично приложен принцип на повече нива - вдъхновение от природата и на функционално ниво, което представлява използване на различни механични или конструктивни принципи, открити в живите организми или природна среда като цяло;

3. Бионичен подход от трета степен - Интерактивен принцип в отговор на промени в средата (но отново само на ниво взаимстване, интерпретация - на форми и механизми от природата) - Тук се наблюдава развитие на комплексни градиентни и интерактивни архитектурни и дизайнерски системи и инсталации; намесване на електроника; "умни материали", мета-материали (с различно поведение при различни условия, стимули на средата, натоварване или в различни зони, с възможност за „самопочистване“, "самопоправяне" и др.)

4. Бионичен подход от четвърта степен - Интерактивен принцип в отговор на промени в средата. Тази степен е надградена спрямо предходната с още по-мултидисциплинарен характер, с евентуален елемент на самообучение, еволюционно развитие на системата/структурата, симбиотични характеристики; той е отново на ниво "поведение спрямо средата", но то вече се осъществява чрез прилагане на „жива“ система или компоненти; наблюдават се опити за привнасянето дори на био-материя към техническа система - за преплитане на продуктовия и материално-производствен свят с биологични елементи, чрез използване не само на принципите, но и на самата био-материя; залага се на експериментиране с "живи" материали, структури и системи, които не само интерактивно променят поведението си, а и могат да се развиват във времето и т.н.

Предложената авторска категоризация има за цел да структурира многообразните съвременни търсения в сферата, преплитането между сетивно и визуално, биологично и технологично, статично и интерактивно, традиция и иновация, дизайн принцип и приложение. Описаните в нея степени и нива на класификация определят повишаването на потенциала за така описаните иновативност и трансформация. Те могат да се апробират при анализ на различни елементи на архитектурата и нейното проектиране и да спомогнат за постигане на многопластовост в анализа. Пример за това е взаимовръзката, „диалогът“, между пространство и материал (материална обвивка), който следва да бъде разгледан.

В третата част на втори раздел се извършва *апробация на предложената в предходната част класификация* чрез развиване на *разширени класификации на връзките между материал и пространство през призмата на дадени бионични модели и принципи.*

Диалогът между пространство и материална обвивка, представен от гледна точка на спецификата на архитектурната среда, има потенциал за разнопосочни и динамични връзки и ефекти. Анализът му не е новаторски за архитектурната теория, но новото в търсенията тук цели да се изяснят тези отношения именно през призмата на природо-инспирираните аналитични и формообразуващи методи - бионичните принципи и системи. Така може да се изведе и съответна разширена класификация на връзките между материал и пространство, пречупени през призмата на дадени бионични модели (следвайки степените на предложената от автора категоризация), като акцентът е върху включването на биомиметичните методи в проектната фаза. Проследяването на описания диалог „материал-пространство“ и съответният анализ са проведени на базата

на комбинирана класификация - на два плана - веднъж от гледна точка на използваните материали и втори път - от гледна точка на пространството и неговата организация.

В представената класификации от гледна точка на материалите степента на прилагане на даден бионичен принцип се проследява главно чрез начина на употреба и организация на конкретния материал. Взаимовръзките между материал и пространство могат да бъдат формулирани в два основни плана. Първият е спрямо представена по-рано класификация по архитект М.П.Зари, която засяга главно мащаба на прилагане на биомиметични принципи в проекта¹³. На втори план, тази опростена систематизация може да се разгърне спрямо предложените по-рано четири степени на прилагане на биомиметични принципи – от чисто формално ниво до четвърта степен - на интерактивност, мултидисциплинарност и симбиотичност.

Имайки предвид изброените основни планове на анализ са разгледани няколко типа взаимовръзки между материал и пространство в архитектурна среда, които са обвързани с критерии като „тектоничност на формообразуването“, „пропускливост“ на пространствата и материалите“ („мембрани“/“бариери“ в сградния организъм), „екосистемна обвързаност“, „емергентност“ и др. В пълния текст на дисертацията тези нива са разгърнати и обосновани със съответни архитектурни примери.

Следващата шредставена класификации - от гледна точка на пространството - е изградена чрез евристичен принцип. Тя цели да надгради концепцията за нивата на прилагане на биомиметични принципи, като следата от приложения бионичен принцип се търси чрез акцент върху втория компонент на изследваната взаимовръзка – пространството (еволюцията му от гледна точка на мащаб, възприемане, обживяване, натовареност и „обратна връзка“/влияние). Анализът отново се провежда чрез няколко отправни точки - спрямо развитието на разбирането за архитектурно пространство; спрямо типа пространствена система; спрямо посоката на организация и оптимизация на пространството и др.

Разглежданите взаимовръзки между материал и архитектурно пространство оказват нагледно различните нива на включване на съвременните биомиметични принципи в цялостния процес на архитектурно изграждане - както като чисто формално вдъхновение или конструктивно проучване, така и при по-цялостен системен дизайн, параметрично проектиране, еволюционна оптимизация на дизайн и системи. Тази

¹³ Zari, Maibritt Pedersen. Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability. - IN: SB07 New Zealand Paper number: 033, Sustainable Building Conference (SB07), Auckland, New Zealand, 2007

проследена тенденция е в пряка връзка с трансформативните процеси при бионичните методи на проектиране. *Апробираната чрез описаната взаимовръзка авторска разширена категоризация на приложението на бионичните методи може да се определи като един от приносите на автора в този дисертационен текст, но нейното задаване и развиване е необходимо да намери своето място именно в първа глава, тъй като тя се използва за основа на анализа в останалите части. Следващите теми се разгръщат, използвайки за ограничител и рамкиране така определените степени(нива) на приложение на бионични методи и принципи, способствайки концентрирането на изследването в търсения обхват – а именно в по-високите нива на приложение на разглежданите принципи, с изразена повишена степен на иновативност при техните комбинации и тенденции за трансформации.*

Глава 2: Бионика и био-инспирирани тенденции в българската архитектурна среда. Анализ на примери от световната практика. Взаимовръзка с устойчиви концепции.

Втора глава се състои от два раздела, като вторият от тях има три части.

Досега са разгледани терминологията и тенденциите, свързани с биониката (и биомиметиката) в световен мащаб на взаимовръзка, включително и концептуалната трансформация, протичаща при различните нива на анализ и приложение на изследваните принципи.

Първи раздел, който носи заглавието „бионика и био-инспирирани тенденции в българската архитектурна практика – от традиции до съвременни концепции, акцентира върху българския контекст на базата на вече изяснената в предходната глава терминология и взаимовръзки, както и следвайки структурата на предложената от автора систематизация на нивата и степени на приложение на бионичните принципи и тяхното надграждане. Целта на тази част от текста е да проследи *има ли и под каква форма проявления на биомиметичните методи и подходи в архитектурата и дизайна у нас.* Това се провежда отново по времева линия – от минало до настояще – и в синхрон с предложените нива на приложение.

В условно български контекст биомимезисът е проследен в архитектурните креативни импулси на човека още от средновековието, като отново е разгледан на различни нива. Представени са примери още от използването на натуронаподобяването като художествен принцип при декоративната украса на разнообразни елементи както от възрожденски, така и от по-ранни обекти по нашите земи. Анализът продължава през

примери за усвояване на природните форми при архитектурното формотворчество в български контекст още от втората половина на XX век. Споменават се известни биоморфни проекти от българската практика като проектът за изложбен павилион на България на Експо-70 в Осака на архитект М.Матеев. Разгледани са и други негови проекти, където той прилага и следваща степен на анализ и заемка от природата. Друг проект с бионично вдъхновение още от 80-те години на XX век, който също е анализиран в раздела е т.н. „Биохабитат-2000“, създаден от група ученици под ръководството на архитект Павел Дочев и инженер Кръстьо Кръстев. Интересно е, че именно описания при него холистичен подход се търси днес в по-високите нива на приложение на биомиметичните принципи и въпреки футуристичния привкус на някои предложения в проекта, от днешна гледна точка те изглеждат съвсем съвременни и приложими – например интерактивността на сградната обвивка, както и енергийната самостоятелност и интелигентното контролиране на микроклимата на обитаване са много развивани тема в съвременната архитектура.

Взаиморъзката на бионичните принципи със съвременни тенденции за „зелена“ и еко-архитектура са по-подробно обследвани в следващи раздели от текста, но в тази част се споменат и някои български примери, които имат отношение към основни теми за този тип архитектура, а именно *здравословен микроклимат, минимизиране на негативния екологичен отпечатък на сградите, подобряване на енергоефективните сградни характеристики и дори интерактивни връзки и поведение*. Нулевоенергийното и пасивно строителство добива все по-голяма популярност и в България. Въпреки че примерите у нас не са достигнали толкова силна концептуална обвързаност с биомиметиката, както при някои устойчиви концепции, в този раздел са разгледани разработки от българската практика, като все пак носещи допирни точки и логическа връзка с дадени бионични принципи.

Представени са примери в този контекст като изследването на архитект Милан Рашевски на тема "биоклиматични вариации", където се разглеждат енергоефективни модели, наложени към български традиционни (възрожденски) архитектурни примери. Отбелязано е и интересното застъпване на тенденцията за „интерактивност“ на поведението на сградите в разработки на архитекта, постигната чрез „умни“ сградни системи, които реагират на промени в околната среда (и предоставят обратна връзка) - подобна концепция може да се развие дори до степен „умен“ град. Един от най-скорошните такива проекти, разгледан подробно в раздела, е т.н. InDeWaG (Industrial Development of Waterflow Glazing Systems) и е с негово участие в голям

мултидисциплинарен екип¹⁴. Проектът включва разработката на високотехнологични модулни стъклопакети, чиито цели са чрез напълно прозрачни фасадни елементи да контролират сградното прегряване като едновременно пропускат необходимата светлина и улавят (вместо да блокират) слънчевата топлина чрез воден поток, заключен в стъклопакета. Тук е застъпена концепцията за споменатата вече интерактивност на фасадната обвивка, превръщайки я в активна част от сградния организъм, с елемент дори на адаптация и повишена екологичност от гледна точка на енергоефективност и използван ресурс. Ето защо и той намира място в тази ревизия на био-инспирирани тенденции у нас. В продължение са разгледани и други примери за интерактивно поведение на сградна обвивка в контекста на екологичната архитектура.

Споменати са също някои разработки на научно теоретично ниво като тези на доцент д-р архитект Росен Савов¹⁵ и доцент д-р архитект Добрина Желева-Мартинс. Тя разглежда именно архитектурната форма като „част от всеобщото формообразуване в света“ и в тази връзка разработва типология на формите и пространствата¹⁶.

Вдъхновението от формообразуването в природата, основано на единството от функция и структура, на вплетените във формата природни механизми и системи водят до следващи разработки, доказателство за интереса към бионичните принципи на проектиране в България още от 80-те години. В този контекст е представен дипломният проект на архитект Росица Пеева (с ръководител к.а.н. професор архитект Иван Саздов) за „Комплексен образователен и културен център“. Архитектурният проект е основан на клетъчна система от петогълни модули, които вариарат в размер и функционалност, но и чиито избор е определен от съображения за енергоефективност и микроклиматична взаимовръзка между функция и формообразуване. Изброени са и други нейни проекти от по-късен етап на професионалното ѝ развитие, които свидетелстват за продължаващия ѝ и надграждан интерес към биомиметичните морфологични и конструктивно-системни приложения.

В още по-съвременен контекст е проследено как потенциалът за единство между структура и форма се развива в съвременната архитектура в тенденциите за параметрична архитектура. От българските студиа с принос още на ниво проучване в сферата на алгоритмичния дизайн, вдъхновен от биомиметични принципи, е

¹⁴ Достъпно на : <http://indewag.eu/> [последно посетено на: 15.11.2019]

¹⁵ Савов Р., Architecture as biomimetics, 6-та Международна научна конференция “Архитектура, Строителство – Съвременност” 30 Май -1 Юни 2013 Варна, България

¹⁶ Желева-Мартинс, Д. Тектониката като теория на формата и формообразуването, АИ “Проф. Марин Дринов”, 2000

представеното студио „Морфокод“ и софтуерната добавка, който разработват - „Rabbit“. Тя може да се използва за по-интуитивен анализ на природни механизми и бързи параметрични дизайн експерименти с различни „природни модели“¹⁷. Развитието на дигиталните технологии позволява концептуално-проектно и експериментално-прототипно търсене в биомиметична посока още дори от студентско ниво на проектиране. Като пример за това е разгледан един от студентските проекти на архитект Десислава Чушева, за „Място за отдих, подходящо за паркова и градска среда“, при който именно в природните механизми, чрез биомимикрия, тя търси решение на някои от зададените проектантски задачи. Друг пример за повишения интерес към темата за биониката и биомиметиката в архитектурата и в университетска среда (отново във връзка с развитието на дигиталните технологии) е и курсът „Алгоритмични методики в Архитектурата“, воден в УАСГ, София, от архитект Златко Янакиев, както и лекциите и упражненията от раздел „Бионика и Синергетика“, в дисциплината „Формообразуване“, разработени също от доцент д.-р архитект Добринна Желева-Мартинс в Лесотехнически Университет, София.

Обобщаващо за раздела е, че в българската архитектура от миналото до днес, може да се проследи нишката на вдъхновението от природата, както в интуитивното, така и в целенасоченото структуриране на архитектурната среда на базата на природни механизми, системи и формообразуващи принципи. Дълбокото разбиране на природните структури, в комбинация с ускореното развитие на дигиталните технологии за анализ, проектиране и производство носи все повече експериментални и по-комплексни естетически, структурни и функционални дизайн-резултати, които вече започват да се наблюдават и в българска среда. Единствено при по-високите степени бионични подходи - на ниво с повишено интерактивно изражение на приложените принципи все още се наблюдават доста по-ограничени примери в български контекст. Засиленият интерес обаче, както в полето на материалознанието („самопоправящи се“ и други типове „живи“ материали), на дигиталната фабрикация и параметричното проектиране, така и в сферата на „умните“ сградни системи, на енергоефективните и еко-тенденции, оставя колегите архитекти и дизайнери с надежда и в очакване на новите им бионични проявления в нашата архитектурна среда. Надграждането в нивата на анализ и приложение се случва в относително по-малък мащаб в сравнение със световните тенденции, но пък отношението към и обвързаността с местните строителни

¹⁷ „It provides an easy way to explore natural phenomena such as pattern formation, self-organization and emergence.“ Достъпно на: morphocode.com/rabbit/, [последно посетено на: 15.11.2019]

и архитектурни традиции носи нови нюанси и възможности за любопитни комбинирани модели и новаторски посоки на трансформация на иновативните методи на биониката и биомиметиката в архитектурата. В тази връзка може да се отбележе, че поради присъствието на многогодишен опит и традиции в използването на естествени материали като глина, слама, дърво и др. в строителството и архитектурата в българска среда, съществуват предпоставки за *хипотетична връзка между традиционни архитектурни методи и съвременни бионични проявления на естествените материали в комбинация с устойчивост и симбиотичност*. Тези характеристики, както и мястото им в по-горните степени и нива на категоризацията на бионичните приложения са разгледани подробно в следващата глава.

Вторият раздел от главата обхваща *анализ на съвременни концепции и проекти от световния опит – комбинирано приложение на биомиметичните принципи на две и повече нива - с повишена степен на иновативност*.

В този раздел се разглеждат представителни примери за архитектурни проекти и концепции, попадащи в съответните параметри, заложи в предложената от автора систематизация. Акцент на изследването са примерите, които се отнасят към последните от предложените степени – а именно тези, които представят прилагане на бионичните принципи на две и повече нива. Предлага се преглед на концепции и примери от практиката на избрани водещи архитекти и изследователи в описаната област – архитект Майкъл Паулин и архитект Нери Оксман.

В предходната глава се въвежда разсъждението, че в съвременната архитектура се формират все по-отчетливи връзки между бионичните и устойчивите архитектурни тенденции. В този раздел са разгледани и някои основни устойчиви концепции, които имат допирни точки с последните степени на приложение на биомиметичните принципи с цел да се изгради една обобщена схема на взаимовръзки между различните „герои“ на интеракция, на комуникация и влияние в архитектурния организъм. *Обобщеното на изложените взаимовръзки ще послужи за основа, на базата на която ще се задълбочи анализът за мястото на естествените материали в разглежданите бионични подходи, за симбиотичния им потенциал и за значението им като пресечна точка между традиционни и съвременни иновативни архитектурни подходи*.

В първата част от раздела са изложени и анализирани някои концепции и проекти на Нери Оксман като представителни за приложението на биомиметични подходи на ниво материално инженерство и връзката му с формообразуването. (във връзка с

приложение на принципите до най-високи нива от описаните в първа глава – със залагане на интерактивност).

Проучванията и разработките на архитекта и дизайнер от израелски произход - Нери Оксман, могат да се съотнесат към най-високите и експериментални, често дори футуристични нива на изледване и прилагане на биомиметични принципи (обвързани и със „спекулативен дизайн“). Архитектурните проекти и научно-изследователски разработки за новаторски дизайн-подходи с бионично вдъхновение са пример за по-високите - трета и четвърта степен, на приложение на биомиметични методи в проектирането. При редица от тях се наблюдава и споменатата съвременна тенденция за комбинация на бионични подходи с „био-подпомогнати“ системи, което се залага именно с цел постигане на повишена ефективност и интерактивен характер. В раздела е представена подробно описана градация в концепциите, която цели да онагледява посоката на трансформация на идеите и все по-отчетливата застъпеност на характеристики като мултидисциплинарност, интерактивност, еволюционно развитие и „живост“ (внедряване на био-компоненти в структурите).

Вдъхновена от механизмите в природата, от естествените процеси на формиране на материя чрез самоорганизация и растеж, Н.Оксман търси и създава нови практики за формообразуване, не чрез задаване на самия обем, а чрез извеждане на „процес“ за неговото изграждане - на нови дигитални инструменти и технологии за специализирана фабрикация, които обвързват параметричния дизайн и дигиталната фабрикация, биологията и околната среда, с техните присъщи материали като неделими измерения от процеса на проектиране. При този подход „материалът предхожда формата, и това, което генерира крайния дизайнерски образ и обем е структурирането на материалните характеристики като функция на екосистемното (свързано с ограниченията и условията на околната среда) и структурно поведение на обекта“¹⁸. Дизайнът е разглеждан като парадигма, определена не от търсена форма, а от желано поведение. Архитект Н.Оксман комбинира материалното инженерство с архитектурния дизайн в разнообразни мащаби. Проектите ѝ притежават различни степени на интерактивност и мултифункционалност, постигнати чрез преливане на функция във форма чрез висока технологичност. Водещите характеристики на целените резултати също така винаги са определени от контекстуални и екологични принципи на дизайн - архитект Нери Оксман въвежда термина „материална екология“. Описаната градация в приложението на изследваните бионични принципи определя достигането до етап в проектирането и

¹⁸ Oxman, N., “Material Computation“, Making and Prototyping Architecture, AD Reader, 2012

изобщо изграждането на архитектурна среда, *при която настъпва все по-голямо разминаване на границата между живо и неживо, естествено и изкуствено, биологично и синтетично.*

Описани са акцентни точки от дисертационни проучвания на архитект Н.Оксман, които са и отправна точка за голяма част от следващите ѝ проекти, в които се отчита разгръщането на идеите. Градацията се наблюдава на много нива – както в концептуалната насоченост – гравитираща между съвременно изкуство, „спекулативен дизайн“ и архитектура, така и в мащаб и технологичност. Ако в началото проектите са в голяма степен само вдъхновени от природата (изложбите “Designing the elastic mind”; “Imaginary Beeings“), след това оформени чрез извлечени от природата механизми (Fiberbots, процеси за 3D-принтиране на оставащ кофраж за бетон и др.) и преминават към изградени чрез и подобрени с помощта на биологични компоненти (AquaHoja Structure - биоразградим материал, базиран на биополимери – хитин, целулоза, пектин). Надграждането в комбинацията от проектните и производствени подходи достига до етап, при който биологичните елементи имат водеща роля във формообразуването и изграждането - те са „проектирани от природата“ (Silk Pavilion 1 и 2). Природата се възприема не само като „ментор“¹⁹, а и като „сучастник“ в процеса на изграждане или във функционалното подобряване и симбиоза между живо и неживо. Според Н.Оксман, финалната степен на това развитие би било обръщане на парадигмата в донякъде футуристичното „проектиране на природата“, т.е. оформяне или повлияване на самата природа чрез дизайн - дизайн заедно със и за самата природа (Wanderers Project; Vespers Series). Присъщата за разглежданите по-високи нива от предложената класификация интердисциплинарност е също водещ отличителен белег на изследователската ѝ работа – преплитат се полетата на параметричния дизайн, дигиталната фабрикация, екологията, материалното инженерство и дори синтетичната биология.

За да се представи по-пълно описаната градация - на нови форми и функционалности, интерактивност, композитност - в следващата част от текста са изложени по-подробно някои от изброените проекти (както от нейното портфолио, така и екипни проекти от ръководената от нея група в MIT – Mediated Matter). В проектите се наблюдава градация от *био-инспирирани*, през *био-проектирани*, към *био-еволюция чрез дизайн*. Този процес на своеобразна еволюция в дизайна предизвиква и необходимостта от нови методи на проектиране и изграждане – комбинация между „top-down“ („отгоре-надолу“) моделиране на матрица и „bottom-up“ („отдолу-нагоре“) принципи и дизайн-

¹⁹ Цитат спрямо Джанин Бенюс

процедури за формообразуване – и физически, и дигитални. Те са нагледно доказателство за това как дигитализацията в дизайна е достигнала такава степен на развитие, позволяваща висока пространствена резолюция и материална комплексност - както при формообразуването, така и при производството.

В заключение, индустриализацията и масовото производство промотират модулността в архитектурата, тясната функционална специализация на елементите, описват пътя на модерната *архитектура* към интернационализацията. Тази „модернизация“ в производствените механизми в архитектурата обаче започва да носи и своите негативи – нарастваща анонимност и прекъсване на връзката с конкретната околна среда, природен и социален контекст. Разработваните подходи от архитект Нери Оксман и екипа ѝ целят възможност за обръщане към масова „персонализация“ на дизайните, в „жива“ връзка с дадения контекст и специфичните му функционални и поведенчески изисквания. Те правят възможно превръщането на целените структурни характеристики и отношение към средата във водещи фактори за идейното формиране. Резултатът често е „формална, структурна и материална хетерогенност“²⁰.

Биомиметичните подходи в материалното инженерство все по-често се превръщат в предпочитана стратегия за разработването на новаторски високоефективни материали с минимизиран екологичен отпечатък. Проектите на Нери Оксман са само един от примерите за органичното преплитане на материалознанието и архитектурата в общ бионичен резултат. Други примери за съвременни материални разработки включват биоинспирирани сухи лепила (E. Arçt et.al.), леки и високоустойчиви биоматериали, вдъхновени от растителни структура, на основата на целулоза (Tuula T Teeri et.al.), биостомана, „течно дърво“ (Werner Nachtigall) и много други, които след това намират приложение и често имат качествено определяща роля в редица архитектурни проекти.

Втората част от раздела представя концепции и проекти на *Майкъл Паулин във връзка с екосистемния подход в биомимикрията. (в контекста на взаимовръзка с устойчивата и екологична архитектура, системен анализ, затворен кръгов модел, регенеративен дизайн в архитектурата).*

Майкъл Паулин е британски архитект, известен с работата си в полето на биомиметичната архитектура, с насоченост към устойчивост, екологичност и иновация. Върху работата и биомиметичните му концепции в сферата на архитектурата пряко влияние имат теоретичните разработки и дизайн-насоки, описвани от споменатата по-

²⁰ Oxman, N., “Material Computation“, Making and Prototyping Architecture, AD Reader, 2012

рано Джанин Бенюс, в които тя поставя акцент именно на присъщия на биомиметичните подходи потенциал за постигане на повишена екологичност и устойчивост на множество нива. Според архитект М. Паулин използването на еволюционно доказани биомиметични подходи също насочва към еко-стратегии и устойчив дизайн, основаващи се на принципите *за адаптивност, затворен кръгов модел на ресурсна и енергийна ефективност* (в сравнение с линейните модели), *възобновяеми енергийни източници* и *различни екосистемни модели* на организация на архитектурна и природна среда в симбиоза. Преодоляването на ресурсни ограничения може и води до стимулиране на иновацията, а в биологичните модели съществува богатство от примери за адаптация към подобни ограничения. Според него това е най-значимата връзка между бионичната архитектура и човека – *като начин, по който тя ще и може да влияе върху социалната му среда, култура и качество на живот*, защото биомиметичните модели са способни да повлияят *регенериращо както върху средата и човека, така и върху различни икономически модели*.

Анализът на изведените от архитект М. Паулин акценти откроява неговото разбиране за биомимикрията като понятие, което *предимно цели акцентирание върху устойчиви и функционално оптимизирани решения – по въпроси свързани с ресурсна ефективност, устойчивост и екологични концепции с кръгов системен характер, а не изключително използване на материали с биологичен произход*. Трансдисциплинарността, регенеративната промяна, синергията и изобщо холистичният подход към екологични предизвикателства са централни за тези процеси. Съответно, той говори за имитиране на екосистема и нейните „зрели“ взаимоотношения, но често като се използват предимно спомагателни високи технологии. Следващата стъпка би била не само имитиране, но и пресъздаване на екосистема, с присъщите ѝ водещи характеристики и функционалност, които той описва. Отчетено е как тези основни посоки в екосистемното мислене могат да бъдат приложени в сферата на архитектурата в различни мащаби – от урбанистични и инфраструктурни до сградни.

Разгледани са проекти с участието на архитект М.Паулин, всеки от които залага на биомиметични подходи в процеса на проектиране за постигане на оптимизация, ефективност и синергия от функционално до екосистемно ниво. При всеки проект прави впечатление и желанието за цялостно преосмисляне на принципни архитектурни парадигми, които да бъдат преобърнати чрез екосистемно и бионично мислене към по-регенеративно и природосъобразно поведение за баланс както с околната среда, така и с нейния обитател. Подробно разгледани проектни примери са *“Eden Project”, 2000г -*

един от знаковите проекти за биомиметичната му концепция; „Сахара-Гора“ (*Sahara Forest Project-SFP*) - пример за адаптация към ограничени ресурси; „Биомиметичният офис“ (в екип с Agur R& D и известния професор в сферата на биомиметиката Ю. Винсент), „Планинският Информационен Център“, „Музей на Биомимикрията“, при който също се откриват бионични вдъхновения на множество нива, но и в обединение с подходи, инспирирани от културата и традициите на Средния Изток. От представените архитектурни концепции и проекти става видно, че изведените от природата принципи служат за вдъхновение, матрица за анализ и „рецепти“ за постигане на решения и подобрения на множество нива – от формообразуване и структура, до екологичност, ресурсна ефективност, цялостна връзка с околната среда и „култура на живот“. Важно е да се отбележе също, че видимото включване в архитектурния анализ при някои проекти и *на местни културни постижения и разработки* оказва споделянето и от М.Паулин разбиране, че регионалната културна среда е често пренебрегван ресурс в контекста на „модерното“ строителство и че *„народната архитектура и нискотехнологичните местни традиции могат да предложат решения на различни проблеми, които често работят в тандем с по-високи технологии“*²¹

В последната част от раздела е разгърната съпоставка с някои съвременни тенденции, които имат допирни точки с последните нива на приложение в класификацията.

Анализът на проектите и идеите на представените в предните два раздела автори изтъква нарастващата тенденция към мултидисциплинарност и холистично проектиране в описаните високи степени на приложение на бионичните подходи в сферата на архитектурата и дизайна. Разгледаните подробно проекти показват нагледно колко различни насоки може да има вдъхновението от природата и съответните биомиметични принципи от високо ниво в процесите по анализ, дизайн и дори реално продуктово изграждане. Всички те споделят общата характеристика за явна насоченост към устойчивост и стремеж за екологичност от гледна точка на среда и ресурси – материали, енергия, отношение към средата, фабрикация и т.н. Биомиметичните принципи са логично обвързани с отношението на човека към обграждащата го среда – както природна, така и „изкуствено създадена“, архитектурна. Тази връзка се проследява в постоянно променящия се характер на нейното използване, поддържане, реструктуриране и адаптация към нови културни и социални модели. *Това създава естествената необходимост в този раздел да се анализират някои концепции за*

²¹ Pawlyn, Michael. “Biomimicry in Architecture”, Riba Publishing, 2011, p.145.

екологична архитектура и връзката ѝ със съвременни модели на внедряване на биомиметика в устойчивата архитектура. В раздела се разглеждат въпросите как тези тенденции се допълват или подпомагат с бионични методи, къде се наблюдават трансформации на първоначални подходи и в каква посока.

„Зелената“ или „еко-“архитектурата се определя от водещата концепция за екологичност и минимизиране на негативния отпечатък на сградите върху околната среда. Идеята за „екологичен дизайн“ се застъпва във все повече дисциплини (както архитектура, така и урбанизъм, материалознание, продуктов дизайн, дори и агрикултура и др.) и в най-широк смисъл обхваща насоки за създаване на среда и процеси, които да подкрепят своя екологичен, културен и социален контекст. В частност в архитектурата, тези търсения се преследват чрез ефективност и умереност при подбора на материали и използването на енергия в строителството, както и при организацията и обживяването на създадените пространства и ролята на архитектурния обект в екосистемата като цяло. Той трябва да работи със и в полза на заобикалящата го среда, а не срещу нея. Има много определения за същността на все по-често употребяваното понятие „устойчив“, но едно от най-често цитираните е даденото от така наречения „Брундланд-доклад“ – „устойчиво развитие е такова, което удовлетворява нуждите на настоящето, без да компрометира възможността на бъдещите поколения да покрият своите нужди“²². В най-общи линии, и в контекста на архитектурата и строителството, терминът засяга необходимостта от повишено внимание към ефективната и разумна употреба на ресурсите, както и към влиянието върху околната среда и качеството на живот. Това тълкуване подрежда понятието „устойчив“ в една линия със споменатите вече „зелен“ и „еко-“ дизайн-подходи. Редица от разгледаните до тук проекти видно показват, как някои изследователи обявяват като следваща „по-висша“ стъпка в тази насока, т.н. „регенеративен“ дизайн. При него се набляга не само на ефективност на процесите, но и на възможното възстановяване на екосистемата – на ресурси, енергия, рециклируеми и екологични материали, по-добра организация и преизползване на отпадъците и т.н.

Природните модели са се развили така, че да обогатяват и поддържат екосистемата, която им е еднакво необходима, както и те на нея. Това става чрез максимална ефективност във форма, материал и производство – максимална функционалност с минимално използване на материал и енергия, рециклируемост и адаптивност. Следователно вдъхновението от и имитацията на наблюдавани в природата модели и

²² Brundtland, G.H., Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, Oxford University Press, Oxford, 1987.

механизми би трябвало да е сериозна предпоставка за придобиване на устойчиви характеристики от крайния продукт – обект на архитектурата и дизайна. Михаел Носоновски например, коментира в свой доклад относно културните възприятия за биомиметиката и „живото“, че тя донася нов поглед към инженерните задачи, с което насърчава по-добра хармония между човек и природа.²³ *Това насочва към твърдението, че биомиметиката е донякъде дефинитивно свързана с екологията, с идеята за пощадящи и хармонични с околната среда решения – съответно и с концепцията за устойчив дизайн.* Някои изследователи смятат обаче, че връзката между биомиметика и устойчивост не може да бъде редуционистки търсена само на ниво концепция за форма и структура, а и при по-високи, холистични нива на имитация на модели²⁴. Известната критика идва от необходимостта от цялостен анализ на последващите етапи от „жизнения цикъл“ на обекта – а именно производство, както и отношение и влияние върху средата. *Този факт определя схващането, че вдъхновението от природните модели се обвързва по-отчетливо с устойчиви принципи, ако е проведено на повече нива – достигайки до екосистемен анализ и адаптивност (според предложената класификация – това отново са нивата над второ).* *Необходим е преход и в културното възприятие на природата – не само като източник на ресурси и вдъхновение, а и като учител и съучастник.*

В този ред на мисли, не е учудващо, че някои от съвременните концепции за биомимикрия в архитектурата са обвързани изключително с темата за екологичност, устойчив дизайн. Още от началото и средата на ХХ век се наблюдава цялостна промяна и преобръщане на парадигмата за отношението човек-природа. От „желание за покоряване на природата“, през опити за запазването ѝ, и накрая се преминава към стремеж за своеобразно „помиряване с природата“.²⁵ Набляга се на хармонията между човек и природа, което от своя страна води до появата на нови сфери на проучване и концепции като „екологичен дизайн“ и „холизъм“. Появата на биомимикрията, може да се разглежда като част от тази тенденция.

Концепцията за дизайн-принцип на базата на екосистемен подход също не е нова. При нея водещи за проектантския процес също са холистичен системен анализ и вдъхновение от модели и характеристики, наблюдавани в природните екосистеми. В

²³ Nosonovsky, Michael. “Cultural implications of biomimetics: changing the perception of living and non-living“, MOJ Applied Bionics and Biomechanics, Volume 2 Issue 4, 2018

²⁴ Reap, J., Baumeister, D., and Bras, B. Holism, biomimicry and sustainable engineering. In Proc. of International Mechanical Engineering, Congress and Exposition (IMECE), USA, 2005.

²⁵ Pawlyn, Michael. “Biomimicry in Architecture”, Riba Publishing, 2011, p.143

тази връзка в раздела е подробно представен водещият термин и разработена система от принципи с тази насоченост - т.нар. „Пермакултура“. Тя насочва към полезни връзки между компоненти от системата и синергия на финалния дизайн – т.е. акцентира върху значението на взаимоотношенията между елементите. Множество специалисти от полето на „зелените“ и „еко“-движения в архитектурата постепенно развиват и дооформят своите концепции за устойчивост с помощта именно на биомиметични принципи и подходи за проектиране и анализ. Разгледани са някои известни концепции за устойчиви архитектурни модели, в които се открива отчетливо бионично вдъхновение в една или друга посока. *Разнопосочните акценти в приложението на биомиметично вдъхновение предоставят възможност да бъде съставена комбинирана схема, илюстрираща възможното взаимно допълване и обединяване на моделите.*

Анализирани са концепцията на архитект Майкъл Паулин за приложение на биомиметични и екосистемно устойчиви принципи в сферата на архитектурата, която доразвива „пермакултурните“ идеи на Холмгрен и Молисон за екосистемен подход на базата на биомиметични принципи и ги фокусират към архитектура и урбанизъм. Вторият архитект, чиято визия за еко-хармония между архитектура и природа се разглежда, е Кен Йанг. Акцент в неговата концепция е интегрирането на „екосистемен метаболизъм“ в проектантския процес. Екосистемният подход на Кен Йанг е търсен в баланса между биотично и абиотично, както и между поведението на сградата и обграждащите я локални специфики – климатични и културни. И двете изброени архитектурни стратегии предполагат, че сградите (или урбанистичните хабитати), могат да бъдат разглеждани като цялостни екосистеми, в които си взаимодействат „живи“ и „неживи“ елементи. В тази плетеница от взаимовръзки, при интеграцията на „синтетично“ и „естествено“, могат да бъдат открити и дори проектирани симбиотични отношения между различни по мащаб части от диалогичната връзка „човек – околна среда (микро- и макроклимат) – архитектура(дизайн)“. Третата концепция, свързана с устойчива архитектура с бионично вдъхновение, която е добавена към обобщената схема е „Строителната биология“. Тя изучава холистичната връзка между човека и средата му на обитаване и работа. Фокусът на анализа се обръща както навътре – към микроклимата на създадената архитектура, така и към взаимодействието с външната среда. Наблюдава се акцентирание върху употребата на естествени материали и създавания микроклимат, в сравнение с предните две концепции, но не включва в такава цялост екологичните и социологически аспекти от екосистемно ориентираните предходно описани подходи. Друг термин, който се има предвид при съставянето на

обобщената схема е „материална екология“, въведен от архитект Нери Оксман. Разширеното тълкуване на термина обхваща именно подобряване на взаимовръзката между естествени и създадени от човека ареали на обитаване, чрез бионично вдъхновена фабрикация и компютърно подобро алгоритмично формообразуване.

Комбинацията от описаните иновативни за времето си устойчиви подходи и критерии създава картина на сложни взаимоотношения, които могат да бъдат анализирани двупосочно, отново в „кръгов“ порядък: (материал – материал); (материал – човек (обитател) → микроклимат); (материал – околна среда → екосистема). *Резултиращият затворен диалогичен модел е визуално представен чрез графични схеми.*

В предложението от автора модел, комбиниращ представените накратко дотук концепции, анализът на приложението на биомиметични принципи в устойчивата архитектура може да се съсредоточи именно върху комплексната връзка – материал-човек-контекст – или как тя може да се разглежда като основа за „симбиотични отношения“. В подкрепа на тази възможност, в следващата глава е предложен критерий за „симбиотичност“ в архитектурата. На основата на него ще бъде дискутирано как естествените материали се вписват в тази екосистемна схема на модели, отношения и поведение. Обобщаващ аспект на дискусиата е и как чрез техния анализ през така зададена бионична призма могат да се проследят възможностите за трансформация на традиционни архитектурни похвати, в партньорство с биомиметичните методи.

Глава 3: Трансформация и трансформативен потенциал на биомиметичните методи в архитектурата. Симбиотичност и авторски критерий за симбиотичност. Нови възможности за експеримент и симбиоза - комбинация между традиция и иновация - дискусиа на хипотези.

Трета глава се състои от два раздела, всеки с по два подраздела.

Представените и анализирани във втора глава примери нагледно обосновават твърдението, че прилагането на бионични принципи може да се насложи на множество нива в проектантския процес *с цел оптимизация, ревитализация и максимално възползване от предимствата на определени материали, структури и процеси.*

В трета глава се въвежда авторски критерий – *критерий за симбиотичност* – и се дискутира възможността как той може да послужи като помощен инструмент при анализ с цел повишаване на ефективността и оптимално поведение на цялостната

архитектурна система (и то в съответствие с определени бионични принципи). Използването му в изследователския процес също би могло да послужи като матрица при насочване към пунктове с потенциал за нови проектантски подходи, към иновативни и експериментални комбинации и трансформации с цел (симбиотично) повишена устойчивост. В частност се обръща особено внимание на естествените материали и доколко тяхното приложение може да има такъв характер. Това се проследява от традиционни към съвременни концепции на тяхното приложение. Комбинацията между бионични и устойчиви принципи за използване на естествените материали в архитектурата може да доведе до интересни симбиотични резултати и трансформации в начините на приложение с цел подобрени характеристики и поведение на създаваната архитектурна система и среда. Някои възможности за описаните трансформации, както и съответния трансформативен потенциал на биомиметичните методи в архитектурата са основно разгледани в заключителната за главата дискусия.

В първата част на първи раздел се изяснява *симбиотичността като концепция в архитектурата*, а във **втората част от раздела** се задава и апробира чрез примери *авторски критерий за симбиотичност в архитектурата*.

В предходно представената комбинация от модели, са важни не само конкретните „участници“, но и типът взаимоотношения, които се пораждат между тях. Отново се наблюдава синергична определеност. С цел да се открие бионична „нелинейност“ в този модел ще се дискутира възможността за определяне на „симбиотична взаимовръзка“. Това ще позволи и извеждането на критерий за симбиотичност в архитектурата, основаващ се на известния си първоизточник, на когото сме свидетели в природна среда.

Концепцията за симбиотичност в архитектурата може да се разглежда през няколко гледни точки - всички от тях обаче са неминуемо свързани с темите за екологичност, устойчив дизайн и холистичен дизайн. „Симбиоза“ е познато понятие от полето на биологията, но е използвано и в сферата на архитектурата. Споменава се още от архитект Кишо Курокава във връзка с метаболисткото движение, но в по-философски и социологически смисъл. Той я свързва с „хибридна архитектура – в която елементи от различни култури съжителстват в симбиоза“. Анализът на понятието е проведен и през биологична смислова призма. Отчетени са няколко различни типа взаимоотношения, които, привнесени в архитектурен контекст, имат градиращо значение за оценката на крайния резултат или неговата ефективност. Описани и тълкувани са различните типове симбиотични взаимоотношения в природата и техните класификации - като трите

основни типа – *мутуализъм, коменсализъм и паразитизъм*, както и други типове класифициране (задължителна или факултативна, ендо- и екзо-симбиоза и др.)

При отдръпване на анализа от биологичната рамка на определение и класификации и съсредоточаване върху функционалното изражение на взаимоотношенията се оформят *няколко основни типове симбиотични взаимоотношения, които* авторът определя като *„осигуряване на защита“* или *„осигуряване на поддръжка“* в замяна на *„осигуряване на подходящи или оптимални условия за живеене* (характеристики на околната среда, храна, подвижност и др.) В съкратен вид тези отношения могат да се маркират като *„дейност срещу дейност“* или *„дейност срещу ресурс“*. Всички тези типове и класификации на взаимоотношения могат да бъдат пренесени в архитектурен и дизайн-контекст.

Също така, залагането на симбиотични отношения се анализира и предвижда на различни нива на взаимовръзка:

- материал – материал (структура);
- материал – микроклимат/условия за живот (връзка с човека/обитателя);
- материал – околна среда (в по-голям мащаб – градски мащаб - екосистема);

Описаните обобщени симбиотични категории и зададените от автора нива се обединяват смислово и намират графично изражение в съответна авторска схема.

Следователно, в архитектурна среда разглежданите елементи трябва да отговарят на описаното *„обобщено функционално изражение на взаимоотношенията“*, за да бъде отчетена т.нар. *„симбиотична връзка“*, което може да се случи на няколко нива. На всяко от описаните нива може да се приложи и допълваща категоризация от вече описаните видове. Симбиотичната характеристика на един материал или компонент трябва да бъде оценена холистично и комплексно на всички от изброените нива. Търсеният краен резултат от подобни отношения би бил именно в целенасоченото програмиране, *„отглеждане“* и оптимизация на качествата на екосистемата.

Въз основа на изведения критерий и като проверка на евентуалната възможност, която предлага за оценка на ефективността и оптималността на взаимовръзките в архитектурния организъм до ниво екосистема, следва да бъде разгледано мястото на някои естествени материали в дискутираните бионични взаимоотношения. Естествените материали (като дърво, слама, глина и др.) са традиционно използвани в архитектурното творчество по ред причини като достъпност, здравословни характеристики, често възможност за преизползване и т.н. Всички тези качества днес са обвързани отново с

устойчивите принципи на проектиране. Ще бъдат анализирани и примери, при които се открива и съвременната тенденция за въвеждане на нови нива на технологичност при използването на традиционните естествени материали, нови подходи за използването им (често в пряка връзка и вдъхновени от традициите), както и дори въвеждането на нови материали. Последното се наблюдава както с материали, които са високотехнологични като добиване и нанасяне - като при архитект Н. Оксман, така и при такива с новооткрити приложения в архитектурата – като при био-материалите, базирани на мицела.

Във втората част от раздела следва апробирането на описаната концепция за *симбиотичност в архитектурна среда, използвайки въведения критерий при оценка на поведението и възможности за подобрене на дадени характеристики при залагане на определени естествени материали в архитектурната среда.*

Естествените материали неизменно присъстват в традиционните строителни техники, както регионалните за България, така и в други части на света. Тяхното приложение също претърпява редица трансформации, под влияние на модерни строителни подходи и методи. Както стана видно и при някои от разгледаните концепции за устойчивост в архитектурата, естествените материали често са неделима или качествено допълваща част от тях. В тази част от дисертационния текст се разглеждат някои естествени материали именно с цел да се позиционират в контекста на преход от традиция към съвременно приложение и в следствие в темата за търсене на обвързаност с дадени бионични характеристики и принципи на приложение.

Преди да се пристъпи към конкретния анализ се задава рамката, която определя дадени материали като „естествени“, както и връзката им с разглежданите биомиметични подходи. Строителни материали с естествен произход обикновено са считани за устойчиви, заради своите локални и често по-екологични характеристики, но следва да бъдат анализирани и в контекста на биомиметиката и позицията им като участници в екосистемни отношения, *в по-голямата рамка, свързана с регенеративност и холистичен анализ при връзката човек-архитектура-околна среда.*

При биомиметичните подходи в архитектурата на ниво екосистема от голямо значение са не само отделните елементи, а и поражданите между тях взаимовръзки и взаимни влияния. Затова и прилагането на такива материали трябва да се разглежда холистично, като място в цялостната архитектурна система и взаимни връзки с останалите елементи - *с потенциал за участие в симбиотичен модел за анализ на архитектурния организъм.*

Следва проследяване на споменатата вече трансформация при приложението (от функционална и естетична гледна точка) при някои основни традиционни материали като слама и глина. *Прилагането на тези материали в архитектурата може да е вдъхновено, както от традиционни строителни техники, така и от бионични идеи.* След общ преглед на характеристиките и бионичния потенциал на материалите те са и холистично анализирани като поведение и обвързаност както един с друг, така и със средата и от гледна точка на симбиотичността. За тази цел се извършва апробация на въведения от автора критерий за симбиотичност отново чрез тези няколко примера за архитектурно приложение на естествени материали – слама и глина. Те са анализирани на три нива, следвайки предложените в критерия : М-М(материал-материал); М-Ч(материал-човек); М-Е (материал-екосистема).

На основа на предложените критерии и нива на анализ, могат да се определят точки, в които да бъде повишена ефективността на дадена структура, комбинация от материали, архитектурна система – да се иницира нов тип трансформация на базата на връзка с бионични методи на анализ, симбиотична взаимовръзка и принципи на дизайн или материали с бионична характеристика. Анализът на симбиотичния потенциал на материалите на няколко нива от архитектурния организъм позволява и оценка на устойчивостта и оптималността на тяхното поведение, както и на възможностите за подобряване на тяхната роля и експлоатационни качества в дадената архитектурна среда.

Симбиотичната оценка на описаните взаимовръзки има отношение към подобряване на много фактори като – адаптивност; връзка със средата и биоклиматично влияние; екологично и здравословно отношение към обитателите и ползвателите (общи условия, свързани с качеството на живот, както и тяхното следене и поддържане); социологическо значение (не само използване на локални материали, използване на локална работна ръка, жива връзка с архитектурната среда в две посоки – поддържане на среда, запазване на традиционни техники, а с тях и на нематериално културно наследство).

Тенденцията за трансформация на традиционни похвати към съвременно приложение се проследява и при други естествени материали, особено при довършителната част от строителството. Освен традиционните материали, в класически и съвременни приложения, се забелязва и желание за внасяне на още по-„жив“ елемент в архитектурния организъм. Тази тенденция стана видна и от проектите на архитект Н.Оксман за разработка на хибридни биополимери с вградени бактериални култури с

програмирано симбиотично поведение. Тук могат да се споменат и някои „модерни“ материали с естествен произход, които имат експериментален характер – такъв например е мицелът. *Дискусията за съвременното приложение на споменатите и други естествени материали в архитектурата с биоклиматични и устойчиви качества, също в български контекст намира своето продължение в следващия раздел. Това е необходимо във връзка с описването на възможни насоки за трансформации в разглежданите до тук бионични принципи, включително в комбинация с търсена „симбиотичност“.*

Във втори раздел от главата се дискутира *трансформативния потенциал на биомиметичните методи*, извеждат се насоки за видове и характер на възможни трансформации на традиционни техники чрез бионични аналитични принципи и дизайн-подходи. **В първата част** от него се извършва запознаване с особености на избрани строителни техники (и материали) и обосноваване на аспекти и характеристики с потенциал за оптимизация чрез трансформация.

Още от изложения в първа глава обзор на бионичните принципи, посоки на анализ, вдъхновение и развитие, се забелязва своеобразна трансформация в няколко направления. Тя се наблюдава на различни нива, някои от които са: *мащаб, функционалност, концептуална насоченост и др.* Тези направления на трансформиращо развитие са накратко обобщени в заключението на дисертационния текст. *Докато в тази част, в продължение на разсъжденията от предния раздел, е представен хипотетичен частен случай на една от споменатите трансформации – той се разглежда като един от основните аспекти на този дисертационен труд.* Като насоченост, той застъпва сферите както на проектантския процес, така и на строителния процес, *тъй като се основава на целенасочена трансформация с бионичен характер в строителните техники, вдъхновени или основаващи се на традиционни такива.*

Изборът за задълбочен анализ на точно този вариант на възможна трансформация е обоснован до голяма степен от две основни причини. *От една страна поради доказния в по-горните разсъждения потенциал на естествените материали – традиционни и новаторски – да заемат определяща и пълнозначна роля във високите нива на бионичен подход, характеризиращи се с екосистемност и интерактивност.* И от друга страна, *специално в българска среда се наблюдава наличие както на множество традиционни архитектурни техники с високи качества, така и на все по-голям изследователски интерес към тях. Той се определя не само от желанието за тяхното съхранение, необходимо за реставрационна дейност, но и от целеното им надграждане в съвременни*

архитектурни обекти. Тази тема е основен акцент в дейността на редица колеги архитекти в България, някои от които са архитект Г.Георгиев, архитект Варвара Вълчанова, архитект Веселин Веселинов, архитект Милан Рашевски, АСЕМ (Асоциация за строителство с естествени материали), студиата BUDA-Architects, HomeNest, Спонец, Барбали и др. Проведен е кратък преглед на български архитектурни примери, който подчертава потенциала за трансформация на споменатите традиционни строителни практики, както и хармонизирането им с конкретни биомиметични стратегии. Цитираните гледни точки на български специалисти са в явен унисон и с обсъдените биомиметични принципи на дизайн в концепциите на архитект Майкъл Паулин и Джанин Бенюс за регенеративност, контекстуалност и затворен кръгов ресурсен модел. *Чрез комбинация от подбрани бионични подходи обаче – както на ниво анализ, така и на ниво материалност - би могла да се постигне повишена ефективност в различни категории – най-често в посока на устойчивост и екологичност.*

Споменатият частен случай за трансформация на традиционни техники може да се нарече „*еволуция*“ на дизайн-процеса чрез рекомбинация с цел повишена адаптивност, ефективност и устойчивост. Той се проследява в контекста както на български традиционни строителни техники, така и на други техни аналози, обединени от един от основните заложен материал – глината. Още на ниво материален анализ, може да бъде приложен критерия за симбиотичност, представен в предходния раздел. При изведения там анализ по нива (М-М, М-Ч, М-Е) на глината се отчита потенциал за симбиотична оптимизация на глината във връзка с няколко основни характеристики: 1) структурна стабилност; 2) обща защита на материала (срещу компрометиране от атмосферни влияния). *Важно е да се отбележе, че такова „функционално укрепване“ на материала е най-оптимално, когато не противоречи или намалява положителни отношения в следващите нива (М-Ч, М-Е). Ето защо холистичното проследяване е от първостепенна важност за общата оценка за ефективност и екологичност на структурата.* За потвърждаване на отбелязаните няколко характерни точки, при които материалът може да се възползва от насочена „симбиотична“ намеса, изводът се съгласува с общи тълкувания на базовите архитектурни характеристики на „земните материали“. Обсъждат се многото предимства на глината или „земята“ в непечено състояние в сравнение с някои основни слаби точки в характеристиките ѝ като строителен материал и съответните основни „патологии“ при архитектурните обекти, изградени с даден тип „земни техники“. Описват се и конкретните подходи за преодоляване на описаните „проблемни характеристики“ чрез съответни архитектурни

детайли и препоръки. Търсените решения винаги са в пряка зависимост от съответния климат. Следователно, за „земната архитектура“ също е характерно различното поведение и възможни крайни формални и структурни изражения в зависимост от наличните климатични условия и местни дадености. Тази характеристика е валидна за повечето архитектурни обекти, подведени по водещата рамка на материалните качества и ограничения. За тези ограничения се търсят различни методи за минимизиране и преодоляване, освен чрез стандартно прилаганите препоръки, така и с осъвременяване на традиционни архитектурни подходи.

Разгледани са различни видове стратегии, като от основно значение за анализа са описаните впечатления от участието на автора в архитектурен семинар и работилница, под менторството на архитект Анна Херингер. Нейното разбиране за ценна и качествена архитектура е в пряка връзка с постигането на екологичен баланс и възползване от местните природни и човешки ресурси по най-добрия и щадящ за околната среда начин, както и с вдъхновение от локални културни особености, занаятчийски и строителни похвати. Описаните основни точки в характеристиките на материала намират изражение в два формоопределящи подхода, нагледно представени повреме на архитектурния семинар чрез модели в умален мащаб на два основни типа формално допустими изказа на земната архитектура, в зависимост от климата, в който ще бъде поставена тя. Споделени са техни отличаващи характеристики, зони с възможност за креативна интерпретация на ограниченията, за иновация и оптимизация.

Въвеждането на иновация и трансформация в процеса на прилагане на традиционните методи дава повече гъвкавост от гледна точка на време на изпълнение, възможни периоди за строителство, ограничения от гледна точка на климатични условия, поддръжка, структурни особености.

Във втората част от раздела се *дискутира предложение за трансформация с възможно бионично вдъхновение.*

От обобщения анализ и данни дотук се потвърждават смисълът и актуалността на търсене на оптимизация при изведените две точки: 1) структурна стабилност; 2) обща защита на материала. *Предлага се дискусия на възможността за задаване на търсена комбинация за подобряване на поведението на „земния градеж“ - от холистична гледна точка – с цел да се засили двупосочната симбиотичност, да има отношение към цялостно подобряване на поведението и ефективността на структурната комбинация на повече нива (М-М, М-Ч, М-Е). Бионични подходи биха способствали за такава оптимизация - от ниво на анализ и към следващо ниво – на материалност и структура.*

На първо място се дискутира замяната на описаните в предходната част материали за анти-ерозионни разделителни слоеве с друг материал – с по-изразени устойчиви и дори бионични характеристики. *Един вариант на такъв възможен участник в целена симбиотична двойка с глината, би могъл да е мицелът*²⁶. Извършва се съкратено представяне на мицела като строителен материал. С цел пълнота на дискусиата за хипотетична симбиотична връзка, следва и проследяване на същия холистичен анализ и при него, както при глината в предходния раздел. Приложението на мицела като представител на групата от естествени материали в архитектурата е все още на експериментално ниво, но микроклиматичните му характеристики – нетоксичен, звуко- и топлоизолиращ, влаго- и пожароустойчив, рециклируем и др. – както и потенциалът му за симбиотичност и адаптивност с архитектурния организъм, са обещаващи. Разбира се, най-вероятно са възможни и по-целенасочено програмирани симбиотични отношения и разработка на конкретен материал, за удовлетворяване на зададените изисквания, както за ефективност, така и за устойчивост с бионично вдъхновение. За целта обаче биха били необходими мултидисциплинарни научни разработки (както при материално фокусираните проекти на архитект Нери Оксман, които бяха представени).

Мицелът е все още експериментален и новаторски материал за приложение в архитектурата и дизайна, но предимствата и възможностите му събуждат интереса на изследователи *и в българска среда*. С отношение към темата е споменат екологът Асен Ненов. Неговият професионален интерес по темата с мицела, той описва по следния начин: *„Аз продължавам да проучвам нещата свързани с регенеративна параметрична архитектура, вплетена и функционално самоеволюирала в съответния контекст на мястото, което ще подкрепя. Опитвам да комбинирам почти пасивно food&shelter + living machine в едно, по един еманципиращ начин в условията на деградираща градиентност на преходите на климатичната система, които преходи имат увеличаваща се дискретност, поради намаляването на битовите на системата*“²⁷. Друг разгледан проект в българска среда, с фокусиране върху мицела като основен материал, е инициативата на архитект Атанас Енев и мултидисциплинарния му екип (заедно с професор Албърт Кръстанов и други специалисти) за мицелови опаковки, защитни части за автоиндустрията и др. – BioMuc. Примерите, както от световната

²⁶ Спрямо речника Мериам-Уебстър, мицел е „масата от преплетени нишковидни хифи, които образуват вегетативната част на талуса(тялото) на гъбите“. Т.е. това са кореноподобните нишки на гъбите, които се разпространяват на голяма площ под формата на мрежа, често в почвата или на повърхността ѝ, от които се образуват видимите на повърхността плодни тела.

²⁷ Лична кореспонденция с автора, 2019г.

практика, така и от българска среда, показват наличието на активен интерес към потенциала на мицеловите експерименти да предоставят екологична алтернатива за редица материали, в комбинация с добавената стойност от възможността за преизползване на отпадни продукти (биологични производствени остатъци, естествени текстилни или дори pla-пластмасови отпадъци).

Имайки предвид така представените характеристики на този експериментален материал и разгледаните по-рано техники за оптимизация на издръжливостта на ерозия на „земното строителство“ чрез разделителни слоеве от типа „спиращи дъжда елементи“, *авторът предлага хипотетична симбиотична комбинация глина+мицел като възможна трансформация на традиционната строителна техника за „трамбована земя“, с цел оптимизация на характеристики и поведение чрез симбиотична връзка с друг естествен материал, отново представена чрез графична схема.* Дискутират се екологичните предимства на комбинацията пред споменатите алтернативи като цимент, печена керамика, битум и др., както и потенциалът за подобрене на общото поведение на архитектурния организъм чрез симбиозната връзка - мицелът също може активно да участва в подобряването на микроклимата, да подобри изолационните характеристики, да подобри екосистемното поведение, да позволи по-оптимална модулност в дизайна и др.

Разглежда се и алтернативна посока за симбиотична оптимизация с бионично вдъхновение с цел подобряване на устойчивостта към климатични влияния на „земни“ архитектурни елементи - чрез *предизвикване на „естествена“ повърхностна кристализация.* Такива процеси са актуална тема, която се проучва от редица изследователи в полето на биомимикрията, разработващи проекти, фокусирани върху само-поправяне при материали като бетон и естествен камък. Цитирани са съответни научни разработки. На базата на описаните проекти, авторът предлага за дискусия възможностите за хипотетична симбиозна връзка между земни структури и подобни бактериални агенти с цел „кристализация“ на повърхността на глината за формиране на защитен филм, който да цели не „самолекване“ при напукване, а „профилактична“ защита от ерозионни процеси. Последващи теми за това до колко глинената маса е подходяща среда за развитието на подобни бактерии, както и това как подобен механизъм би се отразил на другите качества на материала като влагопропускливост и устойчивост на натиск могат да представляват интерес за бъдещи изследвания.

В следствие на изложените разсъждения бяха предложени две хипотетични трансформации и нова комбинация от материали с цел повишена ефективност и

подобро поведение и устойчиви характеристики на архитектурната структура. Тези допускани възможности за подобрене на общото поведение чрез симбиозна връзка с друг елемент са в сферата на хипотезата (на базата на сравнителен анализ и съпоставка между съществуващи научни данни от проведени проучвания). Практическата приложимост на такива комбинации има потенциал да бъде доказана. За тази цел обаче е задължително извършването на изследване с мултидисциплинарен екип и изготвяне на прототипен модел (който да може да бъде тестван на практика).

Финалната дискусия за възможни трансформации на традиционни архитектурни концепции с намесата на бионични модели и принципи не изчерпва темата, но поставя отправна точка за нови посоки на изследване – както на теоретично, така и на практическо ниво. Чрез нея се очертава сериозния потенциал на бионичните подходи и алтернативни насоки за дизайн-мислене, потенциал за качествено различни стратегии при боравенето с техники, вдъхновени от традиционни строителни методи - в процеса на тяхната оптимизация и пренасянето им в съвременна архитектурна среда.

Заклучение на дисертацията.

В него са обобщени съвременните трансформации на методите на биониката и биомиметиката в архитектурата. Накратко са представени някои социо-културни отражения на бионичните концепции и са поставени бъдещи теми с потенциал за развитие и мултидисциплинарно изследване.

Освен предложената до тук хипотеза за частен случай на трансформация на традиционни архитектурни подходи с бионично вдъхновение (насочващо и към трансформативния потенциал на биомиметичните методи), в заключението са обобщени някои основни линии на развитие и трансформация, отчетени в процеса на анализ.

Тенденциите при трансформации на самите бионични методи, принципи и търсения като същност и приложение са обобщени и анализирани в няколко категории, в зависимост от основното изражение на трансформацията:

- от гледна точка на дизайн мислене и дизайн процес (с подтеми *преход от дизайн на конкретен продукт към дизайн на процес, тенденцията за рециклиране и използване в проектантския процес, както и трансформациите в дизайн-процесите още на ниво архитектурно образование*).

- от гледна точка на строителен процес - на видове методи (като посока; като последователност, стъпки; като материална обвързаност, определеност, следственост;

водещи тенденции за преминаване от технологична към екологична иновация и др.), мащаб, степен на мултидисциплинарност и т.н.

- наблюдава се и взаимна трансформация между бионични концепции и други архитектурни тенденции (параметрична архитектура, устойчива архитектура, традиционни строителни методи).

Тези различни насоки могат да бъдат категоризирани и донякъде проследени чрез анализиранияте и въведени до тук класификации за нива на приложение на бионичните принципи. При градацията на описаните нива на преден план се забелязва своеобразна същностна трансформация в зоните и обхвата на приложение на биомиметичните подходи и съответните им физически изражения и резултати. Освен нея обаче може да се проследи тенденция за трансформация и в други части от творческия архитектурен процес. Напредването на компютърните технологии и научните изследователски методи позволява залагане на бионични принципи и механизми при анализ, дизайн-подход, методи за симулация, формообразуване, оптимизация, рационализация. Видна е не само същностната трансформация на самите принципи като обхват и начин на приложение, но и тяхното влияние върху различни процеси и елементи от архитектурното творчество. Параметризирането на дизайн-процеса може да се възприеме отчасти като вид трансформация на приложението на някои бионични методи, но тъй като съществува голям брой генеративни алгоритми, които са базирани на природно вдъхновение – явно или заволаирано, параметричното проектиране специално в полето на биониката може да се възприеме по-скоро като усъвършенстване и дигитализиране на някои методи (които изначално са основани на алгоритми, наблюдавани в природата). *Т.е. генеративният дизайн се отчита не като резултат на трансформация, а като помощно средство за осъществяването ѝ.*

Представена е и обобщаваща за разглежданите трансформации категория, насочваща и към нови полета с потенциал за изследване - културните и социални отражения на бионичните концепции в архитектурата. За адекватна социо-културна оценка на влиянията на тези концепции е нужна по-голяма историческа дистанция, тъй като извеждането им като понятия в рамките на съществуващата днес терминология и реалната им теоретична разработка като понятия и принципи започва след средата на XX век, а още по-активно едва в предходните едно-две десетилетия (особено с развитието на дигиталните технологии). Въпреки липсата на необходима темпорална дистанция обаче, се отбелязва оформянето на някои по-отчетливи тенденции и социо-културни отражения. Това може да се проследи както в XXI век, така и във връзка с

някои исторически „стилове“ и архитектурни концепции, отново обвързани с био-инспириран дизайн, имитиращ природни принципи, но предхождащи или съпътстващи изведените през XX век термини. Социо-културната страна на биомиметичните влияния в архитектурата има много широк обхват, с насложени художествени и философски смислови слоеве. Всички те логично се обвързват с теми, в основата на които стои връзката и отношението на човека към заобикалящия го жизнен ареал и начина, по който той го гради и обживява. *Това са фундаментални теми като екологичност, ресурсна ефективност, качество на живот, регенеративност, икономически и общностни тенденции.* Амалгамата от природна и архитектурна среда, заобикаляща човека, може да е много определяща както за качеството на живот (с микро- и макроклиматичните условия, които създава, с пространствените характеристики на атмосфера и организация), така и за „културата“ на живот, за връзката с природата и за социалните контакти, механизми и траектории на развитие, които са закодирани в една архитектурна среда – както от урбанистично ниво, така и на ниво жилищна и работна среда. Въпреки споменатата дълбока многопластовост на темата, с цел завършеност на общия поглед върху трансформациите на разглежданите методи, е важно да се маркират някои основни тенденции, които са придружени със съответни допълващи ги примери. Някои от тях са свързани със споменатите вече насоки към екологичност, *при което се наблюдава преминаване от „желание за покоряване на природата“, през опити за запазването ѝ и до стремеж за своеобразно „помиряване с природата“*²⁸. Друга, описана от някои изследователи тенденция която е разгледана, е как появяването на биомиметичните методи, както за анализ и проектиране, така и за създаване на артефакти, повлиява на човешкото възприятие за това кое е „живо“ и кое е „неживо“, за по-трудното разграничаване между „естествено“ и „изкуствено“. Споменават се и чисто естетически аспекти, които имат социо-психологични отражения (свързани с възприятие и чувство за комфорт). Такива са промяна на отношението към средата и създаване на емоционална връзка между архитектура и наблюдател. Във всички примери прозира и друго основно значение, което биомиметичните подходи имат за културния и социален живот на човек – възможност за адаптиране и подобрене на вече съществуващи модели. „Мимикрията“, т.е. имитирането на природни принципи, може да се комбинира с човешката креативност и да послужи като средство не само за нови решения, *но и за подобряване на съществуващи такива*, които са се оказали не достатъчно приспособими в дългосрочен план или с твърде отрицателен отпечатък

²⁸ Pawlyn, Michael. “Biomimicry in Architecture”, Riba Publishing, 2011, p.143

както върху естетическите и социо-културни качества на архитектурния силует така и върху здравословността на променящия се микро- и макроклимат, който неминуемо предизвикват.

Авторските приноси в дисертацията могат да се обобщят в следните основни точки:

1. Извършена е ревизия на основна и активно допълваща се терминология - с цел изясняване на нейната взаимна семантична обвързаност, от съвременна позиция, и проследяване на позиционирането ѝ в архитектурна среда.
2. Създадена е авторска категоризация на методите на биониката и биомиметиката в архитектурата на 4 основни степени.
3. Проследени и обобщени са съвременните бионични тенденции в българска архитектурна среда.
4. Проведена е съпоставка между високите нива на приложение на разглежданите бионични методи с други съвременни архитектурни тенденции (екологична и устойчива архитектура), определени са допирни точки и посоки на взаимно допълване.
5. Разработен е авторски критерий за симбиотичност в архитектурата. Той е разгледан и като допълнителен инструмент за евристичен анализ и насоки за оптимизация в общата архитектурна теория и проектиране.
6. Предложени са две хипотетични трансформации - бионично вдъхновени и основани на архитектурни подходи, базирани на традиционни техники - нова комбинация от материали и стратегии с цел повишена ефективност и подобрени поведение и устойчиви характеристики на архитектурния „организъм“.
7. Обобщени са посоките и нивата на трансформация на разглежданите бионични подходи и потенциалите за бъдещо развитие и последващо изследване.

Доклади във връзка с дисертацията:

- Цекова, Нона. „Бионика и Биомиметика в съвременната архитектура и дизайн. От сетивното към технологията“. III-та Международна Научна Конференция „В търсене на идентичността“, Велико Търново, 01-02. 12. 2016г.
- Tsekova, Nona. Biomimetic principles in sustainable architecture design, using natural materials as straw, clay and mycelium, International conference Arquitectonics: Mind, Land & Society, ETSAВ, Барселона, Испания, 31.05.-02.06. 2017г.
- Цекова, Нона. „Пространство и материал в архитектурата – взаимовръзки от биомиметична гледна точка“. Международна научна конференция - Изкуствоведски Четения 2018 – „Изкуството в Европа – Модели и идентичности“, модул Ново изкуство, ИИИЗк, София, 28-30.03. 2018г.

Публикации във връзка с дисертацията:

- *Цекова, Нона.* Триизмерно принтиране и архитектурното образование в България. – списание „Архитектура“, 2017, № 5, 36-40.
- *Tsekova, Nona.* Biomimetic principles in sustainable architecture design, using natural materials as straw, clay and mycelium. - In: Final Papers, Arquitectonics 2017: ISBN 978-84-697-8413-6, online publication
- *Цекова, Нона.* Бионика и Биомиметика в съвременната архитектура и дизайн. - списание „Архитектура“, 2018, № 2, 24-30
- *Цекова, Нона.* „Еко, био-, органик“...но в български архитектурен контекст. – списание „Архитектура“, 2019, № 2, 16-21
- *Цекова, Нона.* Бионика и Биомиметика в съвременната архитектура и дизайн. От сетивното към технологията. Трета Международна научна конференция „От сетивното към визуалното – в търсене на идентичността“, Велико Търново, 1 – 2 декември 2016 г., ВТУ”Св. св. Кирил и Методий”, Факултет по Изобразително изкуство, ISBN 978-619-208-141-6, (дигитално издание, 2018г.).
- *Цекова, Нона.* Пространство и материал в архитектурата – взаимовръзки от биомиметична гледна точка. Изкуствоведски Четения 2018 – „Изкуството в Европа – Модели и идентичности“, ИИИЗк, БАН, София, 2019, ISBN 978-954-8594-78-3