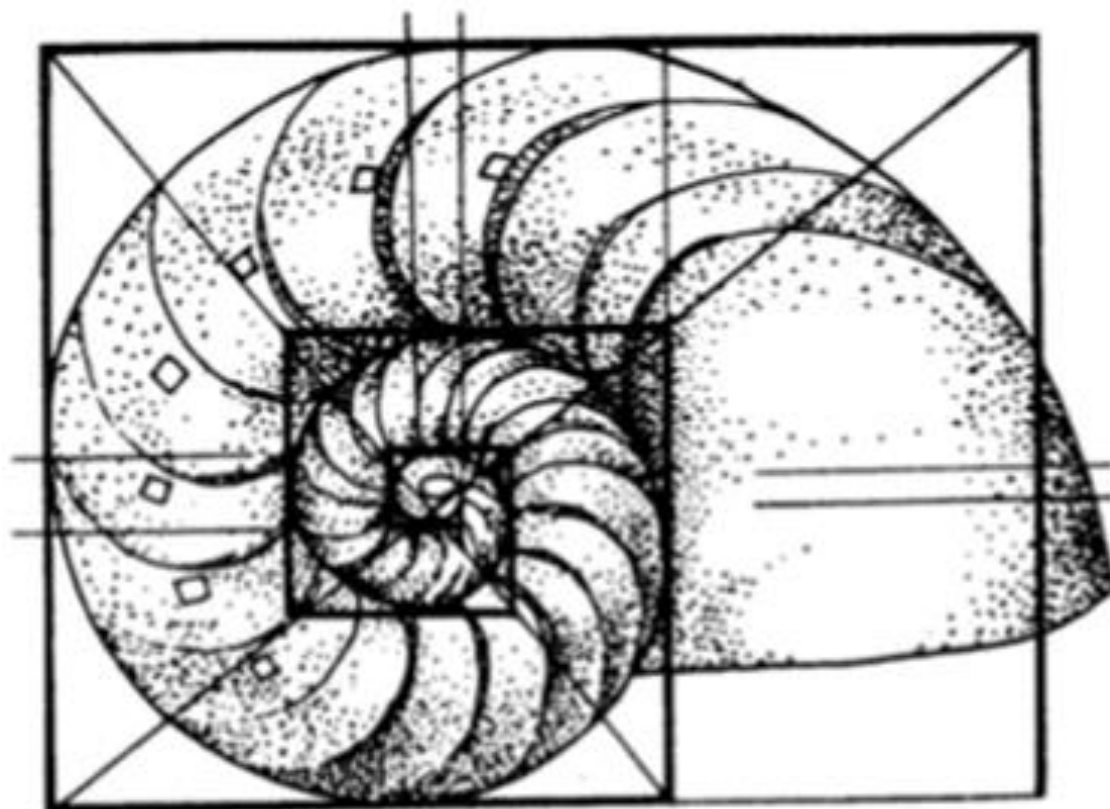


МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ КЕРІВНИХ КАДРІВ КУЛЬТУРИ І МИСТЕЦТВ

С. В. Сьомка

БІОНІКА В ДИЗАЙНІ СЕРЕДОВИЩА

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



Київ – 2016

УДК 7.012:7.021.2(07)

ББК 85.118.7я73

С 96

Рецензенти

В. В. Куцевич, доктор архітектури, професор

М. М. Дьомін, доктор архітектури, професор

Т. В. Русевич, кандидат архітектури, доцент

*Рекомендовано до друку на засіданні вченої ради
Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв
(протокол №3 від 27.11.2015)*

Сьомка С. В.

С 96 Біоніка в дизайні середовища : навч. посіб. / С. В. Сьомка. – К. : НАКККіМ, 2016. – 244 с.

ISBN 978-966-452-211-0

У навчальному посібнику розглянуто теоретико-методологічні засади біоніки в дизайні середовища, досліджується можливість застосування результатів біотектонічного моделювання в дизайні й архітектурі.

Призначено для студентів і викладачів мистецьких, дизайнерських та архітектурних вищих навчальних закладів.

УДК 7.012:7.021.2(07)

ББК 85.118.7я73

ISBN 978-966-452-211-0

© Сьомка С. В., 2016

© Національна академія керівних кадрів культури і мистецтв, 2016

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| Від автора | 4 |
| Вступ | 6 |
| 1. Історія виникнення, роль і місце біоніки в системі наук..... | 9 |
| 2. Історичні передумови формування біоніки як науки | 15 |
| 3. Метод архітектурної біоніки. Біотектонічне моделювання | 26 |
| 4. Матеріал і функція живої природи | 34 |
| 5. Основні прийоми і принципи формоутворення опорних систем у живій природі | 46 |
| 6. Конструктивно-тектонічні системи в живій природі й архітектурі | 50 |
| 7. Вплив природно-кліматичних умов на формоутворення в архітектурній біоніці..... | 58 |
| 8. Колір у біоніці й архітектурі | 62 |
| 9. Аспекти біотектонічного формоутворення..... | 66 |
| 10. Біотектонічне формоутворення штучного середовища з урахуванням особливостей природного ландшафту | 70 |
| 11. Проблема естетики в архітектурній біоніці | 77 |
| 12. Глобальна та концептуальна архітектура майбутнього – біостиль ХХІІ століття..... | 83 |
| Теми практичних занять | 88 |
| Зміст практичних занять..... | 88 |
| Контрольні питання | 97 |
| Словник термінів | 100 |
| Література | 105 |
| Додатки..... | 109 |

ВІД АВТОРА

Виклики нашої епохи вимагають суттєвої реорганізації змісту навчального процесу у ВНЗ, виховання в студентів здатності до творчого мислення, розвитку абстрагованої уяви, уміння думати, спостерігати, аналізувати, робити обґрунтовані висновки, відкривати універсальні закони облаштування навколишнього світу з метою подальшого використання цих знань, прийомів і принципів в науці, техніці, архітектурному формоутворенні й інших галузях народного господарства. Хоча біоніка є досить молодою наукою, у передових країнах світу вона змогла здобути популярність і перебрати на себе функції в науково-теоретичному, конструктивно-тектонічному й інженерно-практичному аспектах, сформував ряд напрямів із системного аналізу й досліджень форм живої природи з метою їх подальшої трансформації, реструктуризації й адаптації до потреб людини в штучному формоутворенні (військова, побутова, архітектурна біоніка тощо).

Подібні процеси переходу від аналізу форм живої природи до діючої моделі нового запроєктованого об'єкта, деталі або вузла дуже складні, однак наступний процес переходу від моделі (макета) прототипу живої природи до найновішого будівництва або серійного виробництва ще складніший і вимагає врахування цілого ряду умов і факторів. Саме схильність до системного аналізу, уміння володіти методами подібної трансформації форм і явищ живої природи дозволило ученим-дослідникам (А. Аалто, А. Гауді, Ф. О'Гері, С. Калатрава, П.-Л. Нерві, О. Німейєр, Ф. Отто, А. Саарінен, Ф. Сахба, П. Солері, Н. Фостер, З. Хадід та ін.) здійснити відкриття в багатьох галузях науки й техніки та створити неповторні образи у світовій архітектурі й дизайні.

Подібні трансформаційні моделі й підходи стали вже звичними та популярними у величезному інтернаціональному досвіді експериментального проектування й будівництва, однак в Україні подібні напрями системного біомодельовання хоч і набувають значних обсягів у науково-дослідницькому (аналітичному) аспекті, однак досі немає чіткої концепції й методики переходу від науки до практики, від прототипу до моделі, від діючої моделі до будівництва, створення спеціальних освітніх програм, нових методів проектування, урахування ергономічних особливостей функціонально-планувальної організації й нормативних вимог, специфіки природно-кліматичних умов, наявності місцевих будівельних матеріалів, містобудівної ситуації й естетичної складової тощо.

Цим навчальним виданням автор відкриває нову серію своїх публікацій у галузі архітектури й основ архітектурної композиції, присвячених різним науковим напрямам мистецтва формоутворення штучного простору. Навчальний посібник покликаний допомогти читачеві здобути необхідні знання з біоніки та сформував уявлення про те, як можна доповнити й систематизувати отриману інформацію під час практичних занять, самостійної підготовки під керівництвом викладача та індивідуальної дистанційної освіти.

Так склалось, що за останні десятиліття вітчизняна будівельна освіта та дизайн архітектурного середовища не доотримали належної кількості навчальної літератури українською мовою, необхідної для самостійної роботи студентів. Подібних видань не тільки неможливо придбати (їх ще не видано та немає в продажу), але їх неможливо навіть знайти в Інтернеті або бібліотеці.

Автор надзвичайно вдячний тим, хто посприяв у виданні цієї праці, а саме: ректору Академії проф. В. В. Чернецю, директору Інституту дизайну і реклами проф. Б. П. Андресюку, завідувачу кафедри дизайну інтер'єру та візуально-інформаційного середовища професору Є. А. Антоновичу, рецензентам професору В. В. Куцевичу, професору М. М. Дьоміну та доценту Т. В. Русевич, а також у її оформленні, технічному забезпеченні та системному редагуванні текстової й ілюстративної частини відповідальній за випуск О. І. Бугайовій, редагування – С. М. Суходольській, колегам по кафедрі, науковим і літературним редакторам, які активно долучились до редагування й уточнення багатьох змістових частин та історичних фактів, а також висловлюю вдячність дизайнерам, художнім і технічним редакторам за остаточну верстку цієї праці та студентам, чий численні дипломні, курсові й експериментальні роботи увійшли до складу ілюстративної частини навчального посібника.

Біоніка перебуває на межі кількох наук і наукових напрямів, тому вона може бути цікавою та корисною для спеціалістів суміжних спеціальностей творчих, інженерних і природничих наук. Автор висловлює щире сподівання, що це навчальне видання стане в нагоді науковцям, інженерам-дослідникам, дотичним до цього напрямку досліджень, архітекторам-проектувальникам і дизайнерам-практикам, а також студентам і викладачам архітектурних, дизайнерських і художніх ВНЗ, що здійснюють навчання за спеціальностями “Дизайн середовища”, “Технічна естетика”, “Дизайн архітектурного середовища”, “Мистецтво інтер'єру”, “Архітектура будівель і споруд” й ін.

ВСТУП

*З видимого пізнавай невидиме.
Г. С. Сковорода*

Біоніка – це одна з досить молодих і перспективних наук у галузі штучного формоутворення предметного середовища, своєрідне явище в дизайні й архітектурі. Біоніка поєднує потенціал культурологічних, природознавчих, естетичних і художніх знань. Запропонований курс “Біоніка в дизайні середовища” призначений для студентів освітнього рівня “Бакалавр” і “Магістр”.

Біоніка (грец. βίος – елемент життя) – це наука, яка досліджує основні закономірності й принципи формоутворення в живій природі з метою переосмислення, трансформації та перенесення отриманих проміжних біотектонічних моделей-прототипів у науку, техніку, дизайн, мистецтво й архітектуру [7]. Біоніка виникла й отримала інтенсивний імпульс у середині ХХ століття як дочірня наукова течія кібернетики, яка досліджувала можливості використання в техніці деяких біологічних ідей, систем і процесів і ставила собі за мету розробку штучного інтелекту (роботів, біороботів тощо). У біоніці можна виділити три основні напрями: архітектурна біоніка, технічна біоніка (розробка космічних кораблів, літаків, надшвидкісних потягів), побутова біоніка. Архітектурна біоніка подібна до технічної біоніки, однак вона настільки специфічна, що утворює самостійну галузь і вирішує не тільки технічні, але, головним чином, функціональні завдання архітектурного та дизайнерського формоутворення, що аналізує форму, морфологію та конструкції в живій природі з метою комплексної адаптації виявлених алгоритмів і закономірностей в архітектурі через розробку проміжних біомоделей (шляхом здійснення біотектонічного моделювання).

Використання в техніці, дизайні й архітектурі законів, форм і принципів організації живої природи цілком виправдане в нашої світі – усе взаємопов’язано та взаємообумовлено. Немає речей і явищ, які б не були пов’язані безпосередньо або опосередковано між собою, немає протиріч між живою й неживою природою; існують фізичні закони, що об’єднують усе світ у єдине ціле й створюють об’єктивну можливість використання в штучно створюваних системах закономірностей і принципів побудови живої природи та її форм. Основою для цього слугує біологічна подібність людини й живої природи, яка втілюється у важливі ознаки подібності в дизайні й архітектурі: симетрія форм; повторюваність явищ; подібність елементів; закономірності їх чергування; вплив земного тяжіння тощо. Це обумовлено тим, що жива природа й архітектура практично існують в однакових біофізичних умовах і спільно підпорядковуються законам гравітації, інерції, статичності, термодинаміки, особливостям температурно-вологісного режиму, режиму інсоляції, циклічності метеорологічних явищ на Землі та змінам пір року. Але подібність між людиною й усім живим світом не обмежується біологічним аспектом. Вона може розглядатись також в естетичній та технічній площині. Приміром, з’явилися такі нові поняття й нові наукові напрями формоутворення штучного предметного середовища як: ерго-дизайн, біодизайн, техnodизайн тощо.

Представники творчих професій завжди повинні мати розвинуту уяву, фантазію, уміти об'ємно мислити, абстрагуватися від повсякденних буднів і, за допомогою практичних занять, постійно розвивати в собі ці здібності. Тому головна *мета* при вивченні навчальної дисципліни має, окрім теоретичного, прикладний характер і спрямована на всебічну підготовку майбутнього фахівця. Крім того, викладання дисципліни “Біоніка в дизайні середовища” передбачає: намір розвинути в студентів-архітекторів і дизайнерів здібності до комплексного й системного аналізу явищ природи, уміння творчо підходити до об'ємного моделювання форм; надання теоретичних основ біоніки й напрацювання практичних умінь у розробці композиційних вирішень малих форм, фасадів будівель, об'ємно-просторових рішень комплексів, архітектурних ансамблів; створення об'ємних моделей і виготовлення макетів з білого ватману на тему власного проекту; розвиток абстрагованого мислення та творчої уяви майбутнього митця: дизайнера, архітектора, художника.

Саме на молодших курсах класичного художнього навчання студенти мають оволодіти вмінням аналізувати форму й структуру побудови обраного біопрототипа, щоб шляхом біотектонічного моделювання розробити абсолютно нову, гарну й зручну у використанні річ, яка буде максимально відповідати ергономічним вимогам споживача. Реалізувати отримані знання можна на практичних заняттях з біоніки й курсовому проектуванні.

При вивченні дисципліни “Біоніка в дизайні середовища” перед студентами ставиться *завдання* засвоєння отриманих теоретичних знань, а також:

- оволодіння термінологією, засобами моделювання та композиції, вивчення аналогової бази;
- оволодіння аналітичним підходом до оцінки природного та штучного навколишнього середовища й архітектурного об'єкта в ньому, уміння абстраговано мислити й уявляти обсяги;
- усвідомлення методики процесу біотектонічного моделювання за схемою “біопрототип – біотектонічна модель – проєктований об'єкт” з наступним її використанням у курсовому проектуванні, формування вміння презентувати свою ідею;
- вироблення вміння використовувати набуті знання й навички у своїй подальшій творчій діяльності та проєктній роботі, у різних напрямках штучного формоутворення.

Курс “Біоніка в дизайні середовища” тісно пов'язаний з такими *науками*, “Біологія”, “Анатомія”, “Фізіологія”, “Природознавство”, “Астрономія”, “Мікробіологія”, “Ергономіка”, які слугують своєрідною “бібліотекою”, “базою даних” цієї дисципліни та з яких вона запозичує деякі поняття. На рівні аналізу природних форм і проектування архітектурна біоніка тісно взаємодіє з: “Історією мистецтв”, “Історією архітектури” (що надає їй широку аналогову базу біоформ, реалізованих раніше в дизайні та архітектурі); “Ергономікою”, “Дизайном” та “Ергодизайном” (що розширюють уяву студента про можливості сучасного креативного

формування); “Дизайном інтер’єру”, “Курсовим проектуванням” (що надають студентам молодших курсів унікальну можливість, створити нові креативні, неповторні дизайнерські й архітектурні рішення).

У системі архітектурної освіти дисципліна “Біоніка в дизайні середовища” невід’ємно пов’язана з *дисциплінами* циклу історії архітектури та містобудування, у системі дизайнерської підготовки – з ергодизайном і біодизайном елементів штучного формування. Особливо визначне місце у вивченні біоніки посідає блок практичних занять, на яких студенти відпрацьовують на конкретних прикладах моделі можливих об’ємно-просторових рішень, що яскраво ілюструють основні теоретичні положення курсу лекцій. Найтісніший зв’язок біоніка має з основними фаховими дисциплінами – курсовим проектуванням та історією архітектури. Дисципліна навчає гармонійно поєднувати й компоувати різні геометричні форми, аналізувати їх морфологію, використовуючи основні композиційні методи та засоби. На практиці спостерігається тісне переплетіння різних дисциплін і їх спільний комплексний вплив на формування майбутнього спеціаліста. В епоху розквіту науково-технічного прогресу намітились тенденції формування великої кількості нових наукових напрямів, які утворюються на перетині вже відомих наук у галузі дослідження законів живої природи й принципів її формування. Біоніка як наука лише розпочала цей процес, але в епоху існування Інтернету й бурхливого розвитку комп’ютерних технологій з кожним кроком з’являються нові напрями науково-теоретичних і прикладних досліджень, які необхідно використовувати у власній творчій діяльності студентам і вченим.

Методи формування в студентів знань, умінь і навичок можна розділити на дві досить значні групи, перша з яких цілком відповідає класичним вимогам до освіти: лекції (лекційний курс); робота студента з літературою (у бібліотеці); самостійна робота (виконання курсових, домашня освіта (з використанням комунікацій Інтернету)) – і друга група: самостійна робота під контролем викладача (виконання курсових, розрахунково-графічних робіт, практичних завдань, розробка макетів та об’ємних моделей); використання сучасних інтернет-технологій (швидкий обмін інформацією, інтернет-бібліотека даних, 3D-візуалізація об’ємної ідеї студента), дистанційна освіта тощо.

Порядок виконання курсової роботи: збирання необхідної інформації про проєктований об’єкт, проведення семінарського заняття; підготовка реферату (знайомство з матеріалом та аналогами); виконання клазури (не менше трьох варіантів, для можливого вибору оптимального рішення); виконання ескіз-ідеї (форпроект – варіативний вибір конструкції); виконання ескізу (компоновка роботи на аркуші, усунення помилок і недоліків); оформлення чистовика (реалізація остаточного проєктного рішення). Усі творчі ідеї й остаточні проєктні рішення студентів оцінюються за трьома основними критеріями: оригінальність ідеї, можливість її реалізації й естетичне оформлення роботи (рис. 97–100).

1. Історія виникнення, роль і місце біоніки в системі наук

Упродовж усієї історії розвитку у своїй архітектурно-будівельній діяльності свідомо або інтуїтивно людство зверталось до форм живої природи, що знайшло своє яскраве відображення у творах на різних рівнях штучного формоутворення (планах будівель, генеральних планах міст, формах колон і їх капітелей, вітражах та орнаментах, формах окремих деталей тощо). Приміром, на рівні звичайного формального аналізу можна спостерігати зовнішню подібність першого глинобитного житла давніх людей до термітника, мурашника або гнізда птаха ткач, який подібно до ластівки виліплював своє “житло” з хмизу й багнюки. Однак, на відміну від гнізда ластівки, ткач робить свою домівку конічної (пірамідальної) форми й закритою ззовні та розширеною донизу (рис. 1). Напевно, цей перший досвід спостереження “підказав” людям не тільки загальний вигляд, форму, але й сутність її тектонічної роботи, за умов якої гравітаційне поле Землі змушує розподілити зусилля таким чином, що навантаження знизу значно вище, ніж на вершині конуса. Більше чотирьох тисяч років стоять на Землі чотирикутні в плані єгипетські піраміди, форма й структура яких цілком відповідає вимогам тектонічності. **Тектоніка** (грец. тектов – будувати, зводити) – художнє вираження роботи матеріалу в різних конструктивних системах. Тектоніка буває **велика** й **мала**, яка розглядає роботу лише поля самої стіни, її площини. Так, велика тектоніка відчутна у формі та морфології великих готичних храмів, образи яких часто нагадують перевернуті сталактити незайманих печер (рис. 2–4, 116). А інтер’єри готичних храмів на рівні малої тектоніки створюють перед глядачами асоціації живої природи, пов’язані з образами лісу, урвища або печери (рис. 1). Єдність живої природи й архітектури можна прослідкувати, наприклад, у загальних подібних формах дерев’яних культових споруд Росії та Японії. При цьому у формах церковних бань православних російських храмів вгадується форма оливи, краплини води, цибулини, а дрібна дерев’яна обшивка цих куполів віддалено нагадує форму й структуру безлічі листків берези, що викладені послідовно з перемінним чергуванням, як квадрати на шахівниці. Розріз культової японської споруди у вигляді багаторівневої пагоди дуже подібний на вигляд збоку до звичайної ялинки (рис. 1).

Представники багатьох філософських і мистецьких шкіл Давнього Світу вважали **людину** частиною природи (її “вінцем”), а пізнання її законів, їх переосмислення та використання в художній творчості – виправданою **необхідністю**. Подібним чином пропорції “золотого перетину” та співвідношення тіла людини часто митці та зодчі розглядали як своєрідний похідний “модуль” для розробки та створення своїх творчих шедеврів (єгипетський трикутник, подвійний квадрат, модуль Леонардо да Вінчі, модуль Ле Корбюзьє тощо) (рис. 2–4). Необхідність використати закони й принципи формоутворення живої природи на новій науковій і технічній основі з’явилась із середини ХХ ст., коли утворився новий напрям у теорії та практиці архітектури, що отримав назву архітектурної **біоніки**, а сам підхід у творчому процесі архітектора, який використовує закони та принципи формоутворення живої природи називається **біонічним методом** в архітектурі й дизайні. У цьому сенсі **біоніка** – це наука, яка не тільки

просто досліджує живу природу (як фізика, хімія, біологія, астрономія), не обмежується встановленням загальних законів природи, її зв'язків і явищ і не “сліпо” повторює морфологію побачених і виявлених форм, а на основі вивчення закономірностей та особливостей природи створює за її “образом і подобою” абсолютно **нові** речі, предмети, об'єкти та композиції, які не існують у природі, але дуже зручні й необхідні людині в повсякденному житті та використанні.

Найбільш близькою до **біоніки** є біологія як наука, що вивчає життя в усіх його проявах за допомогою найрізноманітніших методів і складається з багатьох наукових розділів, які виступають як самостійні науки. Сучасна **біологія** – це система наук про живу природу. До її складу входять *ботаніка* (наука про рослини), *зоологія* (наука про тварин), *анатомія й морфологія* (науки про зовнішню й внутрішню будову організмів), *систематика* (наука про різноманітність і класифікацію живих організмів), *фізіологія* (наука про процеси життєдіяльності організмів), *екологія* (наука про взаємозв'язки організмів з навколишнім середовищем), *бактеріологія*, розвиток яких почався давно, і порівняно сучасні науки – *мікробіологія*, *вірусологія*, *генетика*, *біохімія*, *біофізика*, *радіобіологія*, *космічна біологія* та багато інших біологічних наук, які є своєрідною “базою даних”, “бібліотекою” ідей, що дозволяє від функції та форми в живій природі прослідкувати шляхи й морфологію змін функції та форми в різних галузях штучного формоутворення.

Біонічне формоутворення безпосередньо має відношення до властивостей форми й композиційних закономірностей. **Властивості** форми: орієнтація в просторі; освітленість, колір, фактура, членування (метр, ритм, пропорції, цілісність, рівновага, тотожність, нюанс, контраст (рис. 17). **Види композиції**, що наявні і в композиційних варіаціях прототипів живої природи: **площинна, фронтальна, об'ємна, об'ємно-просторова, глибинно-просторова** (рис. 13). Саме вони були запозичені митцями й зодчими в природному просторі та були перенесені в нове проєктоване штучне середовище. Так, **аспектами цілісності** аналізованої природної форми, що переносяться у формоутворення, є: завершеність композиції (можливість вписати її в криволінійні, плавні абрис-конттури, запозичені з природних ліній); рівновага відносно умовної композиційної осі (центру композиції); зорове тяжіння мас; єдність форми за рахунок **подібності** (геометричної – “формальної” та стильової – “морфологічної”).

Архітектура теж є частиною всесвіту, сегментом біосфери, однак вона підпорядковується, перш за все, загальним фізичним законам і законам суспільного розвитку. Громадський характер розвитку архітектури обмежує використання законів формоутворення живої природи в архітектурі й обумовлює специфіку творчого процесу поступового освоєння біоформ в архітектурі (рис. 2–4) і дизайнній шляхом їх трансформації.

Усе, що оточує людину або виникає в результаті творчого пошуку, має безпосереднє відношення до **живої природи**, бо, власне, людина сама є “творінням” всесвіту й у всьому, що вона створює штучно, так або інакше, керується загальними законами формоутворення, використовує відомі форми природних прототипів або вже реалізовані проєктні рішення – розміщуються безпосередньо в природному середовищі.

Починаючи від перших **поселень**, упродовж багатьох тисячоліть людство “запозичувало” в природи зовнішні форми, принципи внутрішньої організації простору, фізичні закони, що впливають на формування й функціонування живих організмів. Людство в хронологічній послідовності свого розвитку “мисливство – землеробство – ремісництво – промислове виробництво” постійно впроваджувало в практику виробництва відкриття, які безпосередньо або опосередковано були “підказані” логікою організації та принципами формування всього живого на Землі.

Природна тектоніка в архітектурних формах присутня не стихійно, що зазначено в працях Демокрита, Вітрувія, Альберті, Палладіо й ін. Передбіонічний період в архітектурі та будівництві протягом тисячоліть не був однорідним. Залежно від співвідношень сил і відносин суспільства в ньому постійно боролись різноманітні тенденції. Наприклад, для найдавнішого етапу прадавньої історії (первіснообщинний лад) характерним було напівсвідоме “копіювання” й “калькування” організації **конструктивних** і функціонально-просторових систем живої природи та “будівельної” діяльності тварин, птахів, комах.

Умови гармонізації архітектурної композиції передбачають відповідні пропорційні методи й умови формування співмасштабного людині архітектурного середовища. Аналіз практики застосування основних пропорцій в архітектурі, мистецтві й біоніці підтверджує наявність у них спільних рис і відмінностей, які потребують ретельного дослідження й систематизації. Арифметичні й геометричні пропорції разом з похідними від них співвідношеннями мають місце в пропорціонуванні й аналізі будь-яких біологічних форм і структури їх побудови (рис. 2–4) у мистецтві.

Процес біотектонічного моделювання й архітектонічного проектування та методи переходу “від ідей живої природи до архітектури” і “від архітектури – до нової архітектури” передбачають деяку їхню подібність між собою. Так, процес біотектонічного моделювання означає врахування кількох основних формотворчих аспектів при переході від біологічної форми до архітектури:

- конструктивно-тектонічний аспект, де аналізується форма (рис. 58);
- природно-кліматичний аспект, умови існування форми (рис. 72);
- пропорційно-аналітичний аспект, співмасштабність і співвідносність форми пропорціям і зручності людини (рис. 72, продовження);
- функціонально-фізіологічний аспект (природна функція – “зручність” живої форми – комфортне середовище існування).

У біотектонічному моделюванні останній з наведених – **природно-функціональний аспект**, який передбачає авторегулюючі властивості живого організму, регенерацію тканин, взаємопроникнення матеріалів, захисні властивості живого організму тощо, трансформується у **функціонально-планувальний аспект** штучного простору з абсолютно новим змістом у процесі архітектурного об’ємного моделювання й проектування. Серед перерахованих формотворчих аспектів одним із найголовніших можна виділити **пропорційний аспект**. Саме він лежить в основі всіх видів просторового й конструктивного моделювання, тому що саме **співвідношення, повторюваність** подібних елементів композиції й **величина** перехідних масштабних сіток дають змогу

проектувальникам розробити систему, характерну саме для цього середовища архітектурної композиції тощо (рис. 13).

Система пропорціонування може містити як аналітичні модульні, так і динамічні ланцюгові системи, що постійно розвиваються, знаходяться в “постійному русі” завдяки процесам генези в живій природі або господарській діяльності людини. Такі процеси досліджень можна назвати пропорційно-модульними ланцюговими (тобто послідовними) процесами. Ланцюгові процеси характерні для будь-яких динамічних пропорційних систем, що розвиваються (рис. 15). Співвідношення у вигляді ритмометричних графіків і коливань існують у живій природі, зодчестві, музиці, образотворчому мистецтві, а слідом за ними – і в біотектонічному моделюванні й архітектурній комбінаториці. Подібні закономірності запозичують науковці з “правил організації” живої природи. Саме жива природа ніби “підказує” людству правила, закони, формули та співвідношення, за якими влаштовано більшість функціональних процесів і захисних функцій організмів, порядок їх об’ємно-просторової організації та структури.

Кожен живий організм флори й фауни так, як і співвідношення частин тіла самої людини, має своєрідний **пропорційний код**, яким характеризується об’єкт (як ДНК). Такий пропорційний код має кожен об’єкт і суб’єкт, і такий код характеризується: геометрією, повторюваністю деталей, співмасштабністю та своєрідними пропорціями. Саме за цими ознаками, зведеними в єдину систему, ми й можемо відрізнити, наприклад, колосок злакових культур від стручка гороху, один архітектурний об’єкт від іншого тощо. Дуже важливою тут є **співмасштабність**. Вона може бути двох основних рівнів: співмасштабність навколишнього середовища пропорціям людини, співмасштабність двох порівнюваних одна до одної величин, об’єктів або процесів незалежно від пропорцій людини. В окремих випадках порівнювані речі можуть бути не співмасштабними (різними) за масштабами, але в цьому випадку необхідно задати визначений масштаб переходу з однієї системи в іншу. У такому випадку ці дві експериментальні системи будуть пропорційно порівнюваними. Коли задано масштаб, легко можна перейти від реальної системи в експериментальну модульну й, навпаки, від експериментальної системи перейти до параметрів реального простору [17, 19]. У штучному формоутворенні першоджерелом модульності є наявність модульної сітки, що задає відповідний масштаб проєктованого простору, система пропорцій людського тіла, ергономічні особливості його функціонування в русі й спокої.

Між біотектонічним та архітектурним моделюванням є багато спільних рис і відмінностей. До цього часу в біотектоніці використовували переважно саму форму прототипу живої природи (рис. 18, 32), а пропорційні закономірності досліджували окремо, на прикладах рослинних і тваринних аналогів, метроритмів їх зовнішніх структур, модульних сіток тощо (рис. 18). У процесі комплексного моделювання необхідно враховувати всі особливості внутрішніх функціональних процесів, конструктивної структури й об’ємно-просторової композиції.

Багато термінів у біоніці й архітектурній композиції пов'язані з формою, фактурою та кольором. Пропорційні співвідношення можуть стосуватись усіх цих трьох понять стосовно інтенсивності їх виявлення. Наприклад, можна виявити нюансні співвідношення інтенсивності різних кольорів однієї гама в заданому інтер'єрі. Важливу роль у визначенні багатьох термінів архітектурної композиції (зокрема й пропорціонування) відіграє поняття подібності. Людина завжди відшукувала аналогії в живій природі й “трансформувала” їх у нову форму. Відомі вислови “клин клином вибивають” або “подібне лікується подібним” наводять на думку, що **подібність** об'єктів, форм і деталей характерна й для архітектури.

Між біотектонічним моделюванням та архітектурним проектуванням є досить багато спільних рис на кшталт спорідненості їх стадій (рис.16):

а) архітектурне проектування провадиться через: аналіз (клаузура), синтез (ескіз), чистовий проект, робочі креслення;

б) біотектонічне проектування має подібні стадії: аналіз (біотектонічне дослідження), синтез (біотектонічний пошук), біотектонічне моделювання, прикінцеве біотектонічне проектування. Саме стадія біотектонічного моделювання в біоніці є найбільш цікавою для такого дослідження пропорцій, оскільки провадиться шляхом створення площинних і просторових експериментальних моделей прототипів живої природи з характерними співвідношеннями. Прототипами (аналогами) артефактами живої природи для біотектонічних досліджень можуть бути різні елементи навколишнього середовища, але більшість із них можна об'єднати в три основні групи: **рослиноморфні** (композиції на основі біотектонічних моделей рослинного походження (флора); **тваринноморфні** – композиції, де за основу взято форми тваринного світу (фауна); **антропоморфні** (на основі побудови структури тіла людини) (рис. 49, 54).

У біоніці є багато положень, які переносять в архітектурну композицію видозміненими й використовують у різних галузях будівництва, мистецтва й дизайну (рис. 7–72):

– дослідження структури та міцності каркаса скелета більшості тварин (використовують у розробці нових **архітектурних конструкцій і каркасів**);

– аналіз захисних властивостей живих організмів і регенерації покривних тканин (результати використовують у **будівельній фізиці та біохімії, у розробці нових стінових і покрівельних матеріалів, теплозахисту та гідроізоляції**);

– вивчення авторегулюючих властивостей живих організмів залежно від положення сонця, характеру погоди або природно-кліматичних умов (використовують у створенні органічної архітектури та динамічних архітектурних ансамблів, що **трансформуються** залежно від погоди й часу доби, система “розумний дім” тощо);

– створення об'ємно-просторових моделей за образом і подобою природних прототипів, що віддалено нагадують елементи живої природи (застосовують при розробці ідеї екстер'єру в 3D-моделі будівель і споруд в **АК** (архітектурній композиції) і дизайну архітектурного середовища;

– дослідження й аналіз пропорційних взаємозалежностей у живій природі, які після трансформації художники й зодчі переносять у видозміненому вигляді (співмасштабному людині та її оточенню) на композиційну побудову творів образотворчого мистецтва, скульптури й архітектури. Саме пропорціонування дає змогу створити базову основу для розробки й побудови структурної системи трансформації природних форм у нові архітектурні утворення (рис. 27, 34).

Умови гармонізації будь-якого об'єму або композиції передбачають відповідний процес з послідовними стадіями: ознайомлення, ідентифікації, класифікації, трансформації й модернізації первісної форми в нову форму. Подібні похідні закономірності дуже важливі з точки зору виявлення загальних характеристик усієї системи. Так, у реконструкції та реставрації архітектурних деталей відповідного стилю або цілих фасадів будинків, які частково збереглися до нашого часу наскільки ушкодженими, що лише їхня сукупність дозволить комплексно відтворити втрачений первісний образ пам'ятки архітектури.

За таких умов дуже важливим є пропорціонування, послідовність виконання якого дозволяє “перенести” виявлені особливості побудови даної системи в нову систему з метою застосування результатів попереднього дослідження в процесі проектування нової форми або гармонізації існуючої. Це дозволить проектувальникові або митцеві, знаючи вихідні дані системи, свідомо використовувати нюансні або контрастні співвідношення в гармонізації з новими елементами вихідної композиції.

Контрольні питання

1. Що означає поняття “біоніка”?
2. Що є причинами виникнення та стимулами розвитку біоніки?
3. Які фактори й умови впливають на формування біоніки як науки?
4. Досягнення яких наук використовують у сучасному біотектонічному моделюванні?

Література: 2, 4, 7.

2. Історичні передумови формування біоніки як науки

Історія розвитку архітектури – це історія розвитку ставлення людини до простору.

З. Гідзон

Біоніка – досить молодий науковий **напрямок** та одночасно дієвий **метод** системного й комплексного аналізу навколишнього середовища з метою подальшого використання результатів дослідження в різних напрямках і на різних рівнях штучного формоутворення (від дизайну невеликих елементів **предметного** середовища – до проектування значних **об’єктів** будівель і споруд, архітектурних комплексів і перспективних видів швидкісного транспорту майбутнього) тощо. Біоніка має у своєму арсеналі досить дієвий механізм гармонізації й аналізу біотектонічної структури, який полягає в трансформації запозиченої в живій природи форми, структури або принципів її організації, адаптованих у штучному формоутворенні й дизайні.

Біоніка – наука, яка вивчає принципи побудови та функціонування об’єктів живої природи з метою їхнього використання в рішенні інженерних, функціонально-конструктивно-технологічних питань та об’ємно-просторових ідей. Поставлений доісторичною людиною перший вертикальний камінь менгір повторив логіку вертикальної композиції, що було втілено пізніше в колонах єгипетських, грецьких і готичних храмів. Великий зодчий італійського відродження Ф. Брунелескі як основу для конструювання купола Флорентійського собору взяв шкаралупу пташиного яйця, а Леонардо да Вінчі, винаходячи літальні апарати, парашути, будівельні та військові каменеметальні машини, ткацькі верстати, “копіював” форми живої природи, трансформуючи їх і пристосовуючи до потреб людини (рис. 54).

Основи архітектурної біоніки були сформульовані в роботах вітчизняних учених Ю. С. Лебедєва, В. В. Зефельда, В. Г. Темнова, О. І. Лазарева, Ю. І. Блинова, С. Б. Вознесенського й ін.; а також зарубіжних – Ф. Отто, П.-Л. Нерві, П. Солері, С. Калатрава, Е. Хемске, М. Мутняковича, М. Матєєва й ін. Найважливішим завданням архітектурної біоніки залишається подальша розробка та вдосконалення її методологічних принципів. Архітектурно-біологічний метод ґрунтується на діалектичній єдності світу з усіма його суперечностями, а також на біологічній спорідненості людини й живої природи. На визначенні **схожості** й **відмінностей** між архітектурою та живою природою, на пошуках шляхів вирішення протиріч, за яких при цьому й будується методика архітектурної біоніки [18, 21, 22, 26, 36].

Наприкінці ХІХ – на початку ХХ ст. бурхливий розвиток біології й небувалі, порівняно з попереднім періодом, успіхи науки й техніки особливо стимулювали прагнення вчених інтерпретувати форми й принципи організації систем живої природи в штучному формоутворенні.

Жива природа стала джерелом знань не тільки для біологів, але й для інженерів конструкторів, дизайнерів і техніків. Невипадково 1960 року на симпозіумі в м. Дайтоні (США) під гаслом “живі прототипи – ключ до нової техніки” було юридично узаконено новий напрям у науці, названий **біонікою**, а в середині 60-х років радянськими фахівцями був теоретично обґрунтований аналогічний напрям в архітектурній науці й практиці [3, 18, 20,21].

Окрім естетичної складової, яка визначається просторово-структурним аналізом зовнішньої форми, біоніка як наука використовує також досягнення фізико-технічних напрямів дослідження та аналізу живої природи з метою перенесення результатів цих досліджень в архітектуру, дизайн, побутову техніку, зв'язок та військове обладнання. **Кібернетика**, що народилась в перші роки після Другої світової війни, стала своєрідною попередницею біоніки і залишається популярною до теперішнього часу. Вона здійснює математичні дослідження процесів управління й зв'язку в живих організмах і в автоматичних приладах, вивчає об'єкти і явища, процеси і функції в живій природі, знання про які можуть бути використані в новітній техніці й ІТ-технологіях. Оскільки кібернетика для дослідження процесів управління й будови керуючих систем різної природи використовує математичні методи, вона може розвиватися лише на основі всього накопиченого наукою досвіду в галузі теорії ймовірностей, диференціальних рівнянь, математичної логіки, теорії інформації. Саме тому цей науковий напрям виник і синтезувався на перетині точних, технічних і біологічних наук, у його створенні й розвитку брали участь математики, фізики, інженери-технологи, біологи, лікарі, фізіологи, ергономісти та ін. (рис. 44).

Першою розробкою, в якій було здійснено спробу систематизувати основи кібернетики, була праця американського математика Н. Вінера “Кібернетика, або управління і зв'язок у тварини і машини” (1948 р.) У розробці основних ідей, викладених у цій книзі, брали участь американські вчені К. Шеннон та А. Розенблют [3].

З розвитком математичних дисциплін, що відіграють важливу роль в кібернетичних дослідженнях, зробили вагомий вклад відомі російські вчені А. А. Марков, А. Н. Колмогоров, Н. Н. Боголюбов. Ще до остаточного формування кібернетики як науки В. А. Котельніков та А. Я. Хінчин здійснили глибоке дослідження загальної теорії зв'язку та дали чітке математичне пояснення теорії інформації [3].

Порівнюючи системи управління в живому організмі й машині, вчені все уважніше “вдивлятися” в побудову тих своєрідних “приладів”, за допомогою яких тварини й рослини сприймають, аналізують, синтезують (трансформують, переробляють) і передають інформацію. Інформація про облаштування й принцип дії таких “приладів” може мати виключно важливе значення для розвитку багатьох нових галузей техніки – зв'язку, локації, автоматики й комп'ютерної техніки, сучасних ІТ-технологій тощо.

У результаті виник новий на той час напрям науки, що опікувався вивченням специфіки біологічних процесів, морфології й внутрішньої будови живих організмів з метою отримання нових можливостей для вирішення інженерно-технічних завдань. Зокрема, в Києві було створено цілий науково-дослідний центр – Інститут кібернетики, який зберіг свою назву як Академістечко і займався досить перспективними на той час напрямками можливого розвитку науки й техніки. Ця нова галузь науки стала пізніше називатися біонікою, а її назва походила від грецького слова βίος (**бiон**), що означало “елемент життя” (тобто біологічної системи). У 40-60-х роках минулого століття багато спеціалістів вважали біоніку новою галуззю кібернетики. Згідно з цим вони визначали її, як науку, що досліджує шляхи й методи електронного моделювання природних систем отримання, переробки, збереження й передавання інформації в живих організмах (рис. 22–24).

Спочатку вчені навіть не підозрювали, що настільки технізована наука як біоніка справить такий величезний вплив на архітектуру. Однак, уже до 80-х років ХХ століття з’явилося безліч видатних архітектурних об’єктів, які за своєю тектонікою й зовнішнім виглядом віддалено нагадували різні природні прототипи. При цьому вони досить тісно були пов’язані із середовищем, у якому проектувався архітектурний об’єкт (мушля, панцир черепахи, парус, крило птаха, морська хвиля, тіло риби тощо). Від початку за більш широкого підходу до цієї проблеми розрізняли три напрями біоніки – біологічна, технічна й теоретична, а вже пізніше з’явилась архітектура й побутова біоніка, які, в свою чергу, займались проектуванням споруд архітектури й дизайном побутових речей та комп’ютерів.

Біологічна біоніка вивчає живі організми для з’ясування принципів, явищ і процесів, що лежать в основі їх формоутворення. **Технічна** біоніка, що пізніше справила величезний вплив на поступальний і стрімкий розвиток науки, техніки й військової зброї, ставить своїм основним завданням вивчення, виявлення, відтворення, моделювання процесів і явищ у природі й побудову на базі цих досліджень принципово нових технічних систем і вдосконалення старих. Теоретична біоніка є основою військової та побутової біоніки й розробляє математичні моделі природних процесів. У біоніці використовуються дані таких наук як біологія, фізіологія, фізика, анатомія, ергономіка, біофізика, нейрологія, нейрофізіологія, психологія, психіатрія, епідеміологія, астрономія, біохімія, хімія, математика, основи засобів зв’язку, авіаційної та морської техніки тощо. Найближче технічна та побутова біоніка в наш час пов’язані з такими технічними дисциплінами, як радіоелектроніка, військова ергономіка, авіаційна справа, кораблебудування, які використовують результати досліджень та вимоги аеродинаміки та гідродинаміки. Так, навіть опора звичайного моста через стрімку річку краще сприйматиме й перерозподілятиме бічні навантаження від сильного потоку води, якщо матиме в плані обтічну, мигдалевидну форму як тіло риби або дельфіна (рис. 50, 59).

Останні сто років цікавість фахівців викликає здатність дельфіна рухатись у воді без особливих зусиль з максимальною швидкістю для таких громіздких, масивних тіл. Вченими було помічено, що навколо дельфіна, який рухається, виникає лише незначний векторний (ламінальний) рух, який не переходить у хвилеподібний (турбулентний) рух. У той же час, навколо підводного човна, подібного до форми дельфіна, спостерігається досить висока турбулентність. На подолання опору тільки від одного цього фактора витрачається понад 90 відсотків рушійної сили субмарини.

Численні експерименти дозволили встановити, що секрет “антитурбулентності” дельфіна міститься в його шкірі. Вона складається з двох досить різних за структурою прошарків: зовнішнього, надзвичайно еластичного (товщиною 1,5 мм) і внутрішнього – щільного (товщиною 4 мм). З внутрішньої сторони зовнішнього прошарку шкіри є величезна кількість порожнин і отворів, заповнених м'якою густою речовиною. У результаті весь зовнішній покрив дельфіна діє, як діафрагма, чутлива до змін зовнішнього тиску, яка гасить виникнення потоків шляхом передачі тиску отворам, заповненим амортизуючою речовиною. До слова, це не єдиний випадок, коли прийоми багат шаровості різних матеріалів позитивно працюють у живій природі й ефективні в різних галузях науки й техніки, зокрема в будівництві – теплообмін, теплоізоляція, гідроізоляція, енергозбереження тощо.

Особливий інтерес результати досліджень біоніки становлять для радіоелектроніки, завдяки яким можливо вирішити такі проблеми як накопичення й обробка великої кількості інформації, підвищити надійність радарів та радіоелектронних систем, створити нові електронні машини, самопристосовані (адаптивні) сенсорні пристрої, досягти подальшої мікромініатюризації апаратури завдяки нанотехнологіям і мікрочіпам тощо.

Біологічна біоніка особливо активно вивчає зараз властивості органів сприйняття – очей, вух, носа, елементів нервової системи, здатність тварин, риб, птахів і комах орієнтуватися в навколишньому середовищі, обмінюватися інформацією, здійснювати зв'язок, переміщення тощо

Можна відзначити, що сьогодні технічна біоніка знаходиться ще в зародковому стані, однак вже зараз за кордоном робляться спроби створення штучного інтелекту, штучних аналогів нервової клітини й пристроїв, що імітують елементарні процеси мислення. На основі електромагнітних хвиль, які випромінюють нервові закінчення людини в різних умовах і за різних станів організму, закордонними вченими-психологами та інженерами-медиками було розроблено ряд медичного обладнання: електронні протези кінцівок, що реагують на імпульси головного мозку; прилади ЕКГ, УЗД, МРТ і навіть поліграф (так званий детектор брехні). Вважається, що в найближчому майбутньому прилади, що імітують роботу нервової системи людини, можуть сприяти створенню й вдосконаленню надсучасних безпілотних космічних кораблів для дослідження планет Сонячної системи і навіть Всесвіту без необхідності дистанційного управління із Землі.

На цій самій основі можливе створення широкого комплексу біонічних обчислювальних машин, біороботів тощо. І подібні перспективи є цілком реалістичними, оскільки навіть обсяг пам'яті звичайного сучасного мобільного телефону в мільйони разів перевищує обсяг пам'яті перших космічних супутників, кораблів та центрів управління польотами 60-х років минулого століття.

Якщо уявити собі електронно-обчислювальну машину з такою кількістю елементів пам'яті, як у мозку людини, вона була б у сотні мільйонів разів більша за неї. Ось би й сучасній науці навчитися створювати такі вражаюче тонкі й надійні елементи для машин, як клітини нервової системи людини! Не менш цінним для створення запам'ятовуючих приладів було б дослідити здатність сприйняття, накопичення та передавання інформації **хромосоמוю**, структурним елементом ядра клітини тварини або рослини, що відіграє важливу роль у спадкоємності організмів. Саме завдяки хромосомній інформації живі організми мають довгострокову пам'ять. У хромосомі є дезоксирибонуклеїнова кислота – органічна речовина, молекула якої має величезний варіативний ряд можливої будови й здатна закодувати й нести значний обсяг інформації.

Великий інтерес дослідники виявляють до можливості створення машин, що відтворюють окремі властивості центральної нервової системи людини. Це машини-автомати, здатні самоналаштуватися при зміні умов навколишнього середовища, тобто пристосовуватись до нових умов роботи. Отже, відповідні рецептори живих організмів слугують прототипами сучасних комп'ютерних сенсорних систем комплексу "розумний дім". На цій базі розроблено безліч саморегулюючих систем, а саме: автомат, біоробот, автопілот тощо.

Людина здатна навчатися, постійно самовдосконалюватися й саме цією здатністю вчені та інженери-конструктори намагаються наділити штучний інтелект: біороботів, машини-автомати, сучасні комп'ютерні системи з дистанційним і сенсорним управлінням. Вивчення можливостей і форм мозку людини, використання отримуваних при цьому даних для створення автоматів, здатних виконувати хоча б частину його функцій, відкривають досить оптимістичні перспективи розвитку новітніх галузей ергодизайну, технодизайну та робототехніки.

Чарівні органи чуття. Останнім часом вчені ряду країн дуже активно досліджують органи чуттів (очі, вуха, ніс), які є своєрідними сенсорами живих організмів. Понад усе вивчається їхня здатність відчувати температуру, біль, вібрації, рівновагу тощо. Органи сприйняття по суті перетворюють один вид енергії в інший і мають величезну чутливість, набагато більшу, ніж відповідні перетворювачі, створені людиною. Так, деякі риби виявились досить чутливі до запаху, а локатори ультразвукових коливань молі дозволяють наперед відчутти наближення її природного ворога – кажана.

Інтенсивно вивчаються в наш час очі жаб, хамелеона, морської тварини – мечехвоста, комах тощо. Відомі зарубіжні фахівці вважають, що дослідження структури очей, механізму й характеристик зору людини й тварин можуть принести користь для поліпшення систем аерофоторозвідки, відео- та фотофіксації,

сенсорної реєстрації, виявлення механізму кольоророзподілу, кольоросприйняття та вирішення інших технічних завдань. Окрім розробки штучних органів зору тварин і комах, дуже змістовні результати дає більш детальне вивчення органів людини. Відомо, концентричні спіралеподібні звивини вушної раковини настільки ж необхідні для слуху, як і друге око для зору, вони забезпечують можливість визначення перспективи – місцезнаходження джерела звуку. Дослідниками встановлено, що завдяки вигнутим звивинам вушної раковини звук надходить до барабанної перетинки різночасово. Різниця часу в проходженні звуку й дозволяє визначити місцезнаходження джерела звуку. Серед можливих застосувань цього відкриття – створення штучного “зовнішнього вуха для обладнання, що фіксує й визначає місцезнаходження підводних джерел звуку (субмарин, скупчення риб тощо).

Нещодавно по українському телебаченню демонструвалась передача, в якій розглядалися можливості сучасного пристрою, розробленого німецькими вченими, який дозволяв людині-інваліду без верхніх кінцівок керувати роботом з “руками-протезами”, що вловлював рухи людини завдяки малим електромагнітним коливанням, які подразнюють нервові закінчення кінцівок людини. Першим, хто дослідив біоелектрику та біотоки в живому організмі, був італієць Луїджі Гальвані. У 90-х роках XVIII ст. він провів ряд дослідів із жабою й встановив, що в нервово-м’язовій тканині за певних умов виникають короткотермінові струми. Учений зробив висновок про наявність біоелектрики в живому організмі. Проти цих висновків виступив учений Алесандро Вольта, що створив перше джерело струму, назване пізніше гальванічним елементом. Але сучасна наука підтвердила вірність висновків Гальвані про наявність електрики в живому організмі. У наш час відомо понад сто видів риб, здатних виробляти електрику з досить високою різницею потенціалів (електричний скат, морська риба з роду *Astroscopus*, електричний сом і вугор).

У всіх органах і тканинах утворюються біотоки. Виникають вони й при роботі серця, розповсюджуючись потім по всьому організму. Розслаблене серце має позитивний потенціал, збуджене, скорочене – негативний. Особливо важливе значення приділяється вивченню токів, що утворюються в роботі мозку [3, с. 20–21].

Дослідження біотоків головного мозку космонавтів дозволяє отримати уявлення про фізіологічний стан центральної нервової системи в цілому й дає змогу оцінювати її реакції на різні впливи, пов’язані з довгостроковими космічними польотами.

Головну роль у цьому відіграють програми спостережень за космонавтами й астронавтами з дослідженням специфіки біотоків їхнього мозку та нервово-психічний стан організму людини при тривалому перебуванні в стані невагомості. Щоб краще зрозуміти, як здійснюється процес біоелектричного управління частинами організму, необхідно згадати як відбувається передавання інформації від нервових клітин до мозку людини й зворотних “наказів” від нього (мозку) м’язам і окремим частинам тіла.

Нервові клітини (рецептори, що реагують на процеси нервового збудження), коли на них діє подразник, “відповідають” сигналами. Коли рівень подразнення досягає відповідного максимуму (больового порогу), він викликає збудження нервової клітини, і по нервовому волокну проходять імпульси, спрямовані в мозок з відповідною інформацією: “боляче”, “холодно”, “гаряче”, “червоне” тощо. Зараз вчені-інженери вивчають можливості використання для штучного (сенсорного) управління – природних біотоків мозку. У перспективі безпровідні біотоки мозку можуть спрямовувати роботу машини, технічного обладнання, що діяли б за наказами головного мозку людини.

Вивчення процесів і явищ у живій природі здатне дати науці й техніці величезний запас (“бібліотеку даних”) ідей не тільки в формотворчому сенсі, але й у розробці дистанційних, сенсорних та біоелектричних засобів управління на відстані, створенні за “образом і подобою” живої природи абсолютно нових технічних засобів і гаджетів (пристроїв), винайденні нових відновлюваних джерел енергії тощо.

Локація та навігація в природі відіграє важливу роль в сучасній техніці. Великий інтерес технічна біоніка виявляє до того, як в природі живі організми орієнтуються у своєму русі, визначають перепони навіть у нічний час, безпомилково знаходять потрібну траєкторію польоту в досить тривалих мандрівках. Велику користь інженерам-конструкторам навігаційних приладів (особливо в судно- і авіабудуванні) принесло, наприклад, детальне вивчення унікальної здатності деяких органів комах орієнтуватися в просторі під час польоту.

Увагу дослідників природи здавна приваблювали органи чуття у двокрилих комах, які під час польоту безперервно вібрують і, за сигналами нервових закінчень мозок комахи визначає зміни напрямку руху й надає команди м’язам, що керують рухом крил. Принцип цього приладу був використаний конструкторами при створенні гіроскопа нового типу. Гіроскоп – незмінний чуттєвий елемент всіх систем управління рухомих об’єктів, у тому числі кораблів, яхт, підводних човнів, ракет, літаків, гелікоптерів. Подібні дослідження дозволили вченим створити “небесний компас поляризованого світла” – прилад, здатний за розташуванням площини поляризації світла визначити місцезнаходження джерела світла. Зроблено прилад за образом і подобою ока мухи, оси або бджоли. Відомо, що незалежні елементи сфероподібних очей цих комах (оматидій) розподіляються на вісім випуклих частин, розміщених зірочкою. Ступінь пропускання ними поляризованого світла залежить від напрямку, з якого він надходить. Не випадково для очей, наприклад бджоли, ділянки неба будуть мати неоднакову яскравість. За цією ознакою вона визначає своє місцезнаходження відносно сонця навіть тоді, коли воно сховалось за хмари.

Саме так небесний компас поляризованого світла може використовуватись в управлінні човнами й літаками для орієнтації по розташуванню джерела світла незалежно від погоди, або в створенні приладу для миттєвого визначення швидкості літака [3].

Різноманітні представники фауни – лелеки, кажани, вугрі, деякі види осетрових – долають відстані в декілька тисяч кілометрів і завжди точно приходять до місця свого розмноження. Навіть така малорухома істота, як черепаха, здатна подолати великі відстані, чітко дотримуючись необхідного напрямку. Кожні три роки морські черепахи, подолавши шлях в понад п'ять тисяч кілометрів, збираються у відповідному місці для кладки яєць.

При більш уважному вивченні процесів міграції птахів, вчені виявили, що це пояснюється не тільки пошуком теплих країв, але так би мовити й “астрономічною ситуацією”, як, наприклад у буревісника, який долає шлях з Антарктики на Північний полюс (де однаково холодно).

Точний механізм, за яким здійснюється ця орієнтація птахів (згідно з якою вони літають вночі над хмарами на висоті декількох тисяч метрів), визначити поки що важко, однак деякі натяки на характер цих процесів уже є. Так вченими встановлено, що радіохвилі, що випромінюються передавачами локалаторів в аеропортах та на станціях зв'язку, суттєво заважають “приладам” орієнтування птахів виконувати у польоті свої природні функції.

Отже, і система навігації птахів, заснована на використанні **електромагнітних коливань** досліджується й системно адаптується до потреб техніки (рис. 26).

Відомо, яке значення в наш час набувають астронавігаційні системи в управлінні ракетами, гелікоптерами, літаками, човнами. Саме тому, до сфери інтересів сучасних вчених включено дослідження руху й орієнтації в просторі голубів, альбатросів, шляхи пересування дельфінів, електричних скатів, китів, акул, великих морських черепах, чайок, пінгвінів, тобто тварин, які майже весь час знаходяться неподалік від водної поверхні, що значно полегшує стеження за ними. При поясненні принципу **радіолокації** зазвичай посилаються на дослідження кажанів (летючих мишей), які легко розрізняють дрібні перешкоди під час польоту навіть уночі, випромінюючи звукові хвилі й приймаючи відбиті сигнали. Саме тому пізно ввечері, проходячи повз пролітаючого поруч кажана, ми часто можемо почути досить своєрідний і пронизливий звук, схожий на писк. Виявилось, що кажани легко визначають місцезнаходження дроту діаметром менше 0,3 мм, незважаючи на те, що він дає надзвичайно слабкий відбитий сигнал.

Учені висунули гіпотезу, що більшість тропічних риб здатні виробляти електромагнітні хвилі, випромінювати їх і використовувати для виявлення будь-яких предметів (об'єктів) у воді. Випромінювана своєрідним “генератором” низькочастотних електромагнітних коливань (що знаходиться в хвості) електромагнітна енергія, розповсюджуючись у просторі, відбивається від перешкод. Далі сигнали уловлюються особливими органами риби, розташованими біля основи спинного плавника. Завдяки цьому риба може виявити рибацькі сіті, човен, наближення хижаків і навіть “бачить” кинуту у воду дробинку та “відчуває” наближення магніту. Вивчення подібних локалаторів (еколокаторів), можливо, у майбутньому наштовхне вчених на нові відкриття, пов'язані зі вловлюванням й використанням електромагнітних випромінювань, безпровідного

сенсорного управління й реагування, притаманного всьому живому в світі, і збагатить науку, техніку й архітектуру новими принципами конструювання апаратури, гаджетів, будівництва міст майбутнього: на воді, на землі й у космосі.

На завершення хотілося б підкреслити спільність і подібність законів управління в сучасній техніці й живій природі. Вивчення процесів управління в живих організмах має надзвичайно важливе значення для розвитку науки, техніки (особливо комп'ютерних технологій) і архітектури, що й було основним завданням кібернетики, а пізніше – технічної й архітектурної біоніки. Прикладом може слугувати динамічна архітектура, яка “реагує” на природні явища завдяки штучним сенсорам, біороботи та система сучасного “розумного” будинку, який може керуватися на відстані за допомогою гаджетів.

Управління, чи цілеспрямована дія, передбачає наявність мети, прикінцевої точки направленої векторного руху, яка може бути присутня лише в живому організмі. Останні десять-двадцять років завдяки творчому генію людини з'явилися автомати, механізми, комп'ютери, безпроводний зв'язок, безліч гаджетів, в яких цілеспрямовані дії здійснюються без безпосередньої участі живих організмів, бо створив ці прилади й обладнання, залучивши досягнення біоніки, їх творець – людина.

Процес управління (керування) процесорами в штучних пристроях або в живих організмах складається з трьох послідовних кроків: **вивчення** керованого об'єкта, **відпрацювання стратегії** системи управління, програми **реалізації** обраної стратегії. Сучасні комп'ютери й комп'ютерні системи можуть взяти на себе одну з операцій керування, що полягає в попередньому вивченні керованого об'єкта. Друга й третя операції можуть здійснюватися технічними засобами, завдання яких полягає в тому, щоб якомога оперативніше й точніше виявляти й впроваджувати на основі варіативного вибору найкращі режими роботи. При цьому важливо забезпечити найбільшу ефективність керування складними процесами.

Метод архітектурної біоніки – це система пізнання та реалізації взаємодії архітектури та живої природи. Метод – це порядок дій, що віддзеркалює сутність дослідницьких процесів та їх змістовність. Метод архітектурної біоніки і, взагалі, сама наука біоніка є історично обґрунтованою. Спочатку люди усвідомлювали тільки зовнішні ознаки явищ – це було наслідування форм і явищ природи. Архітектурно-біонічний метод підпорядковується, у першу чергу, соціально-функціональній організації архітектурних форм (**форму** диктує **функція**). Тому він заздалегідь програмується як метод науково-художньої творчості, (метод комплексного) вивчення системно-структурних принципів живої природи в архітектурній біоніці (архітектор – простір – жива природа), відображення об'єкта у вигляді фізичних моделей, в яких можливо відтворити й трансформувати загальні принципи побудови модельованого об'єкта в конкретній формі.

Таким чином, метод архітектурної біоніки дозволяє з'єднати в одне ціле абстрактне й конкретне, математичний закон форми й конкретний емоційний образ, утилітарне й красиве. Він синтезує засобами логічних моделей науку й мистецтво, які органічно входять в архітектурну творчість, стають невід'ємною частиною подібної творчості, що дозволяє ефективно використовувати їх у рішенні практичних питань архітектури й дизайну. У широкому спектрі сучасної архітектурної біоніки спостерігається багато різновидів вибору творчих пошуків, серед яких можна виділити основні напрями досліджень у дизайнерській біоніці [24, с. 25].

За останні десятиліття архітектурна та дизайнерська біоніка розширила свої теоретичні, практичні основи та наукові аспекти і все більше цікавить теоретиків та митців як в галузі здійснення біонічних досліджень, так і для створення та реалізації оригінальних архітектурно-біонічних ідей (рис. 23). Проблематика науки та творчості в галузі архітектурної біоніки відноситься до наступних основних позицій: **біоматеріалознавство** обіймає широку галузь дослідницьких та експериментальних робіт, об'єктом і предметом яких є вивчення композиційних і конструктивних властивостей біоматеріалів; **біотектоніка** дає широкий спектр можливостей для вивчення й засвоєння закономірностей побудови форм живої природи та їх застосування в царині моделювання та об'ємного конструювання. Головні проблеми біотектоніки з'являються при створенні нових конструкцій на основі принципів і засобів дії біоконструкцій в живій природі. Біонічна архітектура є широкою та перспективною гілкою архітектурної творчості, в якій біонічний прототип знаходить різнобічне втілення. Архітектура утворює єдність просторово-тектонічних структур. Архітектурно-біонічна наука уособлює спеціальні дослідження та експерименти для створення всіх можливих варіантів архітектурних структур, отриманих на основі пізнання побудови живої клітини та клітинних структур в живій природі (структурні прошарки клітинної оболонки), мікро- та макрокосмосу.

Біонічна урбаністика є самостійною і окремою ланкою архітектурної біоніки, оскільки вона оперує проблемами й методами використання закономірностей живої природи у вирішенні проблем містобудування у більш широких напрямках на макрорівні, територіально-просторового та інженерно-тектонічного перетворення міської забудови. Біонічна структура є специфічною ланкою дослідження можливої організації функціональних шляхів та систем зв'язку в архітектурі сучасності та майбутнього через використання будови живих організмів, їх розвитку і функціонування (рис. 9). Так, можливо провести паралелі між розвитком живої клітини (або іншого організму) і генезою міста майбутнього, урбосистеми ХХІ–ХХІІ століття, що зароджується, розвивається й трансформується (рис. 94–96). Архітектурно-біологічна екологія орієнтована на широкий спектр проблем, пов'язаних зі встановленням екологічної рівноваги архітектури та природи на основі єдності принципів життя та розвитку живої природи.

Локальне дослідження структур живої природи з метою створення гармонійних, досконалих об'єктів в архітектурі й дизайні відкриває великі можливості закономірностей побудови глобальних біосистем як у сфері взаємодії суспільства та природи в цілому, так і в питаннях урбанізації середовища та можливих напрямів використання біонічних принципів в архітектурі й дизайні. Рішення проблеми навколишнього середовища полягає в необхідності розвитку всіх видів діяльності людини при забезпеченні збереження біологічної рівноваги в природі. Урбосистема (ноосфера) – за В. І. Вернадським, сфера взаємодії природи й суспільства, в межах якої розумна людська діяльність стає визначальним чинником розвитку, глобальним об'єктом проектування. Виходячи з екологічних принципів формування середовища – від локальних, містобудівних утворень до великих урбанізованих районів на рівні аркології, особливе значення має ідея цілісності середовища, як матеріально-складової системи всесвіту.

При цьому на перший план виходить дослідження умов розвитку біоформ у природному середовищі з виявленням ієрархії системи зв'язків живих організмів і їх функціональних елементів. Метод моделювання навколишнього середовища (як етап вивчення й реалізації в штучних системах найбільш загальних закономірностей, властивих біонічній формі на всіх рівнях її організації) дасть можливість передбачити екологічно обґрунтовану просторову організацію урбосистеми. Принципи гнучкого пристосування, ефективні функціональні зв'язки, динамічна рівновага, економія простору, мінімізація енергетичних витрат, адаптаційні механізми, що характеризують надійність організації, повинні знайти практичну реалізацію в містобудівних утвореннях майбутнього. **Компактність, висока щільність, мінімальна площа забудови** є визначальними факторами у формуванні біотектонічного комплексу, що утвориться як цілісний архітектурно-просторовий механізм і представлятиме собою органічну сукупність біотектонічних систем (рис. 44–46). Сконцентровані на невеликій площі забудови, вони формують матеріальне середовище, що розвивається в часі й просторі, та забезпечує оптимальні умови проживання населення.

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні етапи розвитку біоніки як науки.
2. Які іноземні й вітчизняні вчені стояли біля витоків біодизайну?
3. Охарактеризуйте специфіку взаємозв'язків біоніки, дизайну та архітектури в сучасному штучному формоутворенні.

Література: 14,15, 28.

3. Метод архітектурної біоніки. Біотектонічне моделювання

*Де дух не водить художника,
там немає мистецтва.
Леонардо да Вінчі*

Метод архітектурної біоніки настільки багатогранний, що потребує окремої уваги від представників багатьох творчих професій – архітекторів, дизайнерів, художників тощо. Оскільки неможливо наосліп взяти й перенести з живої природи в штучне формоутворення результати поверхневих спостережень за її зовнішніми характеристиками, необхідно визначити шлях біотектонічного моделювання на найближчу перспективу. Від взаємозв'язку **функції й форми** в природі до взаємозв'язку **функції й форми** в архітектурі – такий шлях архітектурної біоніки й сформованого нею **методу архітектурної біоніки**. Це дає можливість отримати в дизайні та архітектурі нові форми. Але форми не тотожні природним, не натуралізовані, а ніби очищені від непотрібних для архітектури й дизайну елементів. У цьому принципова відмінність форм архітектурної біоніки від використання відкритих форм природи лише із зображувальною метою (“скульптурністю” в зодчестві й мистецтві) і застереження від поверхневого в цілому підходу до цієї проблеми в архітектурі попередніх століть.

Процес біотектонічного моделювання проходить три основні стадії: “біотектонічний аналіз”, “біотектонічне моделювання” і “біотектонічне проектування”. Узагальнено послідовність виконання подібного дослідження можна охарактеризувати як: “аналіз – синтез – відтворення”. Але відтворення це не формальне, а з детальним урахуванням вимог до нової форми: конструктивно-технологічних, функціональних, антропометричних (ергономічних) тощо (рис. 16).

На тлі невичерпної “бібліотеки форм”, що людство постійно запозичує в живої природи, можна виділити деякі особливості даних форм і явищ, які послідовно “адаптуються” митцями в штучному формоутворенні. Серед “прийомів” **гармонізації** форми й композиції в живій природі можливо назвати такі: **пластичність** переважної більшості природних форм; їх повторюваність і симетричність; найбільш **розповсюдженими** фігурами в живій природі є **коло**, **еліпс**, **спіраль** (ДНК) і **трикутник** (особливо похідний від нього – шестикутник, виражений в будові бджолиних стільників, кристалічних структур, хімічної будови речовини тощо); **плавні** природні **лінії** сумарного **абрис-контура** із прототипів переноситься в композицію ансамблів в архітектурі: “напівлист”, “парабола”, “плита”, “півколо” (рис. 29) тощо; **циклічність** і повторюваність деталей, явищ, вузлів та елементів у природі і в житті людей (сезонність, спіралеподібність розвитку процесів і явищ); **гармонізація** пропорцій і пропорційні закономірності (“золотий перетин” тощо); супідрядність елементів композиції єдиному цілому та гармонізація їх одне відносно одного (рис. 17, 18).

В архітектурній біоніці відтворенню в naturі форм живої природи передує етап **об'ємного моделювання**. Для реалізації біонічних досліджень в архітектурі важливим є моделювання живих систем. Математичні **моделі** в архітектурній біоніці можуть мати часткове застосування, оскільки вони є складними функціональними системами, що гармонізовані із зовнішньою формою їх прояву. Проблема моделювання в архітектурній біоніці повинна розглядатись диференційовано й комплексно, оскільки є можливість скористатись існуючим практичним досвідом архітектурно-будівельного моделювання в науці і в практиці.

Архітектурна біоніка використовує всі підручні засоби для визначення технічних характеристик живих структур [37, с. 101]. Безліч сучасних технічних засобів підтверджують, що **природа** (її прототипи) можуть бути “виміряні” в “статичному” співвідношенні, оцінені як **система** в цілому й за допомогою інтуїції людини трансформовані в новий образ, новий елемент штучного середовища (рис. 17). Інтуїція протидіє спрощеному копіюванню природних форм і спонукає використовувати лише раціональні **прийоми** й **принципи** побудови конструктивних систем і організації простору, зіставляючи, порівнюючи й проводячи аналогії. Подібна **аналогія** дає можливість митцям і інженерам виявити принципи побудови конструктивної системи видозмінюючи її, а не повторювати натуралізовано в архітектурній конструкції все, що ми бачимо в живій природі (рис. 19–21).

Зовнішня подібність між моделлю та оригіналом ще не означає, що вони дійсно схожі за змістом своєї дії. Наприклад, більш схожими необхідно вважати чайник, що закипає і паровоз, ніж іграшковий і справжній автомобілі, бо, не зважаючи на свою подібність, вони виконують різну за своїм змістом і навантаженням роботу [37].

Про значення інтуїції в будівельному конструюванні говорить Курт Зігель: “Оскільки технічні вирішення просторових конструкцій поки що не опрацьовані, остаточне судження про їх форму в більшості випадків неможливе. Але іноді зрозумілість форми, штучно створеної в результаті художньої інтуїції до того, як змодельована конструкція, може стати визначальним етапом для її розвитку” [21, с. 152]. Що дає інтуїція в освоєнні й переопрацюванні природних форм яскраво демонструють роботи архітектора Отсона “Сіднейська опера”, концертний зал Тенеріфе архітектора Сантьяго Калатрави, океанаріум у Валенсії архітектора Фелікса Канделі, робота архітектора Е. Саарінена над проектом аеропорту ім. Кеннеді (Нью-Йорк), коли автори розробок, керуючись виключно інтуїцією, “творчим чуттям і волею” митця, зробили ескізи майбутніх споруд, одночасно впіймавши тектоніку форм у складних співвідношеннях криволінійних поверхонь (рис. 11). Однак початкові ідеї – замальовки та ескізи Е. Саарінена були відтворені в макетах і моделях, математично перевірені й відкоректовані інженерами Амманом та Уїтні [37, с. 102]. З інженерної точки зору інтуїція художника дала виключно закономірну конструктивну форму.

Найпростіший **формальний** аналіз прототипів живої природи здійснюється за допомогою методів біоніки. Сучасні методи аналізу форми дозволяють всебічно дослідити структуру будови найрізноманітніших прототипів живої природи на рівнях від мікроструктури до їх макроструктури. Якщо в давні часи існували лише площинні креслення й зображення проєктованих об'єктів, то сучасні технічні засоби візуалізації та моделювання дозволяють максимально прослідкувати морфологічний розвиток об'ємно-просторового вирішення відповідної системи та процес її послідовного перетворення в нову остаточну систему або форму. Як мінімум для аналізу будь-якої моделі дослідникові необхідна хоча б одна її ортогональна проєкція, що максимально характеризує особливості її будови. Дослідження будь-якого природного об'єкта або процес проєктування його штучного аналога потребує, перш за все, їх графічного зображення та варіативного пошуку образу для здійснення подальшої поступальної трансформації задуму в остаточну модель (рис. 22, 23).

Проєктувальники та дизайнери найчастіше змушені працювати з двома видами головних зображень об'єктів (площинним і об'ємним), необхідними для подальшої розробки та аналізу форми, які найкращим чином характеризують і розкривають остаточний задум митця. Щоб найкраще передати хід розвитку об'ємно-просторового вирішення композиції, представники творчих професій здійснюють як мінімум три стадії розробки: передпроект, проєкт, робочі креслення. Студенти під час студіювання класичних мистецьких дисциплін і виконання практичних робіт теж здійснюють пошукове та курсове проєктування шляхом послідовного виконання відповідних стадій (своєрідних "мініпроектів"): клаузура, ескіз – ідея, ескіз. Завершує подібну роботу остаточна стадія для будь-якого **проєкту**, в якій автор представляє на суд глядача остаточний варіант вирішення своєї ідеї.

Сучасним дизайнерам і архітекторам доводиться працювати з **площинними** зображеннями – рис. 97–103 (малюнком з натури, кресленнями об'єкта в масштабі, ксерокопіями, графічними зображеннями на моніторі, фотографіями) та **об'ємними** зображеннями (об'ємна модель на екрані монітора, перспективне зображення на аркуші паперу, об'ємний макет у зменшеному масштабі тощо) (рис. 101, 105–107).

Дослідження будь-якого довільно обраного вченими прототипу живої природи дуже схоже за своєю послідовністю й методикою з дослідженням та аналізом особливостей будови відомої пам'ятки архітектури. Здійснюються три основні стадії його первинного аналізу: **формальний** (досліджується зовнішня форма); **морфологічний** (структурний аналіз, що виявляє будову форми, стильові особливості, деталі); **функціональний** аналіз (виявляє зв'язок особливостей будови об'єкта дослідження з його функціональним та конструктивним призначенням, системою життєзабезпечення, фізіологією живого організму тощо).

Графоаналітичне дослідження будь-якого предмета, архітектурного об'єкта або елемента живої природи після ознайомлення з його зовнішньою формою передбачає накладання на його зображення умовної сітки, яка дозволяє виявити масштаб об'єкта та ступінь його співмасштабності пропорціям людини (перехідний масштаб). Саме для людини як споживача й призначено всі результати роботи художників, дизайнерів, архітекторів у процесі штучного формоутворення. У своїй роботі митець (просто творча людина) завдяки своїй уяві та абстрагованому мисленню збагачує початкову форму новим змістом, новою якістю та оновленим художнім образом твору. Особливістю графоаналітичного метода є умовне зображення об'єкта, створеного творчою уявою митця, і чітке узгодження параметрів проєктованого з габаритами людини з метою його якісної, зручної та комфортної подальшої експлуатації в побуті або на виробництві (рис. 23, 24, 29).

Предметом дизайну може бути будь-який предмет або об'єкт штучного формоутворення: ювелірні вироби, побутова техніка, архітектурні об'єкти та споруди, швидкісний автотранспорт, меблі та обладнання, освітлювальні прилади, комп'ютерна техніка тощо. Необхідно зазначити, що кожен з розроблених елементів за своєю формою може віддалено нагадувати загальний вигляд взятого за основу розробки природного прототипу. Однак головним у цій роботі є не форма, а корисність (потреба) проєктованого предмета, обумовлена врахуванням його функціонального призначення й можливістю подальшої ефективної експлуатації. Будь-який елемент промислового та індивідуального виробництва має не тільки свої естетичні та художні якості, але й відповідну споживчу цінність. Вона, власне, й визначає наскільки створювана річ потрібна окремій людині або всьому суспільству в цілому (рис. 25, 26).

Природа завжди в різних проявах "підказувала" винахідникам нестандартні рішення різних науково-технічних завдань та проблем у багатьох галузях народного господарства. Таким чином у давні часи були винайдені колесо, порох, папір, магніт, дзеркало тощо. Приміром, в біблійні часи дзеркала робили не зі скла, як сьогодні, а в основному з відполірованого металу, зазвичай з бронзи, міді, срібла, золота, а також сплаву золота та срібла. Вперше дзеркала згадуються в Біблії в розповіді про будівництво священного палацу, де жінки пожертвували свої дзеркала для виготовлення священного мідного казана та підставки до нього. З цією метою дзеркала, швидше за все, переплавляли. Віддзеркалююча здатність давніх дзеркал була значно гіршою, ніж у сучасних скляних, що допомагає краще зрозуміти слова апостола Павла: "Зараз ми бачимо в металічному дзеркалі нечіткі контури" (Біблія, 1-е Коринфянам 13:12). Під час археологічних розкопок, що проводились у Єгипті, дзеркала, зазвичай, знаходили в гробницях великих фараонів і їх дружин, а в Ізраїлі – поруч з коштовностями та іншими жіночими прикрасами. Зазвичай, ці дзеркала були колоподібними, з декоративними ручками з цінних порід дерева, дорогоцінних металів або слонової кістки, що за формою нагадували жіночу фігуру. Зворотній неполірований бік дзеркала, як правило, не прикрашали.

Найрізноманітніший варіативний ряд можливих наукових і композиційних рішень “пропонує” жива природа. Особливості покривних тканин рослин, процеси теплообміну в організмах, органи чуття більшості тварин, захисні властивості живих організмів, особливості акустики, явища регенерації і трансформації в живій природі без сумніву можна віднести до унікальних “підказок” Всесвіту щодо вирішення багатьох сучасних науково-технічних та функціонально-технологічних проблем на Землі. Так, очі хамелеона підказали ідею зі створення телескопів (телескопічний ефект), а процес регенерації гусені в лялечку, з кокона якої потім з’являється красивий метелик, підштовхнули інженерів-конструкторів до розробки механізмів трансформації сучасних меблів, обладнання, а також цілих будинків, космічних станцій, малих архітектурних форм і їх окремих елементів дизайну.

Ні для кого не секрет, що майже всі представники родини котячих є нічними тваринами. Так, звичайна домашня кішка в цілковитій темряві чітко розпізнає найближчі предмети і є чудовим мисливцем – і все це завдяки своїм вусам, які відіграють роль своєрідних антен. Корінь котячого вуса розташований у тканинах з безліччю нервових закінчень, чутливих навіть до найменших рухів та коливань повітря. У результаті, окрім зору, кішка отримує вичерпну інформацію про предмети, навіть не бачачи їх, що допомагає їй добре орієнтуватися в просторі темної пори доби.

Оскільки вуса кішки чутливі до коливань і до тиску, це дозволяє їй визначити місцезнаходження й переміщення предметів або своєї потенційної здобичі в просторі. За допомогою вусів кішка дізнається, чи достатня ширина отвору або проходу, в який вона збирається проникнути. У “Британській енциклопедії” зазначається, що функції вусів (вібрис) недостатньо вивчені, але одне зрозуміло точно, що якщо їх обрізати, то кішка на якийсь час стає зовсім безпорадною.

Аналізуючи **зовнішній вигляд і принципи “роботи”** подібних природних артефактів, учені створюють роботів, обладнуючи їх тактильними датчиками (сенсорами), подібними до котячих вусів. Це дозволяє роботам орієнтуватись в просторі й долати перешкоди. Зі слів учених-розробників ІТ-технологій Каліфорнійського університету в Берклі, подібні датчики, так звані електронні вусики, найближчим часом знайдуть широке застосування в передових технологіях робототехніки й техnodизайну, у створенні людино-машинних інтерфейсів, а також у галузі біології, архітектурної біоніки тощо.

Загалом сучасна людина суттєво нічим не відрізняється від людей, що населяли Землю понад 200–300 років тому. Точнісінько такі ж безмежні були їх мрії про щастя, сімейне тепло, благополуччя. Як і ми, вони прагнули добробуту й впевненості в завтрашньому дні. Однак якість людського життя й середовище існування суспільства невпізнанно змінились. Новітні технології здійснили своєрідну революцію в багатьох галузях народного господарства й особливо – у будівництві та архітектурі.

Сучасна людина не в змозі обійтись без передових досягнень науки й техніки ні на відпочинку, ні в побуті, ні на роботі, і намагається максимально прилаштувати під власні потреби існуюче навколишнє середовище.

Велику увагу останнім часом вчені й дослідники почали приділяти виявленню багаторівневих зв'язків у живій природі. Виявилось, що структурна подібність живих організмів тваринного й рослинного походження на клітинно-молекулярному рівні – це не єдине, що поєднує їх між собою. Науковці з'ясували неймовірну схожість багатьох елементів живої природи, які існують або функціонують у різних середовищах, але вражають своєю композиційною (зовнішньою формою), структурною (внутрішньою будовою), фізіологічною подібністю та близьким хімічним складом. Ще в давні часи цілителі й медики визначили цікаве правило, що “подібне треба лікувати подібним”. А сучасні вчені на молекулярному рівні отримали наукове підтвердження того, що багато овочів і фруктів за своєю зовнішньою формою й хімічним складом дуже нагадують ті частини людського організму, для яких вони особливо корисні.

Приміром, загально визнаним символом чистоти повітря й легкості процесу дихання є дерево й легені людини, загальні форма й структура яких дуже подібні й схожі між собою, а внутрішня система розподілу гілок на кроні зовні нагадує характер розгалуження бронхів у легенях. Можна навести багато прикладів подібної схожості живих організмів, що підтверджує теорію про спільні витоки й характер їх походження. Так, складки й зморшки волоського горіха роблять його форму неймовірно схожою на звивини мозку з його лівою й правою півкулями. Його плоди містять високу концентрацію омега-3 поліненасичених жирних кислот, безліч вітамінів та різних мікроелементів. Ці речовини покращують кровообіг мозку, запобігають його старінню і сприяють поліпшенню пам'яті. Поперечний розріз рожевого помідора дозволяє роздивитись чисельні камери, які нагадують структуру шлуночків серця.

Дослідження показали, що завдяки вмісту лікопіну томати знижують ризик серцевих захворювань, а їх сік та м'якоть містять велику кількість калію та, так званих, “червоних кров'яних” тілець, необхідних для нормалізації функціонування серцевого м'яза. Довгі тонкі стебла селери схожі на кістки – і дуже для них корисні. Селера – це джерело кремнію, який регулює мінералізацію кісток, а також нешкідливого органічного натрію, що забезпечує організм природною сіллю. Сіль, виготовлена із коріння селери, підвищує засвоюваність організмом поживних речовин і не накопичується в суглобах. Наші пращури були дуже спостережливими й виявили, що багато цілющих трав і рослин зовні дуже схожі на ті людські органи, яким вони допомагають при захворюваннях. Своєю розгалуженістю й формою імбир дуже схожий на шлунок. Запашний корінець стимулює утворення шлункового соку, покращує травлення, допомагає справитися з нудотою, випадками розладу травлення. Форма окремої квасолини дуже нагадує зовнішній вигляд людської нирки, яка разом з печінкою є своєрідними універсальними природними “фільтрами” організму. Стручкова квасоля має

сечогінну дію та благотворно впливає на надниркові залози, тому традиційно китайська медицина, наприклад, рекомендує вживати її при болях у попереку в результаті захворювання нирок. А структура внутрішньої будови й специфіка функціонування печінки підказала вченим та інженерам ідею розробки й створення багаторівневості та багатошаровості змінних картриджів більшості сучасних штучних фільтрів (рис. 28). Користь моркви для поліпшення зору загальновідома. Але її подібність до зіниць очей на хімічно-молекулярному рівні, напевно, є основою їх зовнішньої схожості. Поперечні зрізи – кружальця моркви, якщо до них уважно придивитись, виразно нагадують майже точне зображення людського ока – аж до найдрібніших ліній, що імітують його райдужну оболонку. Завдяки високому вмісту бета-каротину сік моркви суттєво поліпшує зір. Крім того, поперечні зрізи багатьох овочів і фруктів нагадують універсальну космічну форму – сферу або коло, які притаманні формі більшості планет і зірок у всесвіті.

Усі вищенаведені приклади підтверджують досконалість природних форм і їх композиційну довершеність, доводять, що всі вони пов'язані між собою не тільки на клітинно-молекулярному рівні, але й на структурному, фізіологічному, функціональному рівнях. Подібні взаємозв'язки й усі їх формальні прояви можуть бути надзвичайно корисні для такої науки, як біоніка, оскільки вона покликана комплексно проаналізувати оригінальні природні форми й явища та запропонувати методологічні й теоретичні основи їх (форм) трансформації в різних видах штучного формоутворення, в інженерно-конструкторській і дизайнерській діяльності.

Говорячи простіше, дослідник-розробник має детально прослідкувати весь шлях розвитку проєктованого виробу: від функції й форми в живій природі – до функції й форми в архітектурі та інших штучних предметних середовищах (рис. 27). Таку послідовність передбачає процес біотектонічного моделювання. Однак традиційний процес проєктування може й не передбачати запозичення будь-яких біоформ. У такому разі це буде просто звичайне варіативне проєктування з проведенням пошукової стадії (реферат, клаузура), узагальнюючої та синтезуючої (ескіз – ідея, ескіз), та підсумкової роботи (фор-проєкт, проєкт) тощо. Цікавими є результати пошукових студентських робіт, коли студенти беруть за основу своїх подальших розробок не прототип живої природи, а, наприклад, елементи неживої природи (озеро, полум'я, хмара, камінь), або навпаки – переопрацьовують моделі предметів і об'єктів, створених в інших галузях науки, культури, мистецтва, виробництва тощо. Так, наприклад, створений давно парус вітрильника (рис. 25) сьогодні може слугувати своєрідним прообразом ідеї розробки надсучасного туристичного готелю біля моря, розгорнута книга, що стоїть на столі – підказує композицію багатоповерхової громадської споруди на розі вулиць, а кімнатний радіотелефон з підставкою – це ніби справжній “макет” у зменшеному масштабі ансамблю сучасного центра телекомунікаційних технологій, де в нижній частині (підставка) знаходяться

магазини й торговельний центр, а сам корпус телефону (як вертикальна домінанта композиції) представляє офісні приміщення згаданої компанії (рис. 102) тощо. Крім того, в сучасній світовій архітектурі дуже часто застосовується прийом досягнення максимальної **зовнішньої подібності** проєктованого об'єкта з тим транспортним засобом, з яким він функціонально взаємопов'язаний: залізничний вокзал (або тунель), подібний до форми швидкісного потяга майбутнього (рис. 73); аеропорт віддалено нагадує форму військового літака-невидимки (А. Сарінен, аеропорт ім. Кеннеді, США); виставковий павільйон або автомобільний салон часто асоціюється в уяві молодих дизайнерів з образом та формою сучасних спортивних машин, болідів та швидкісних трекових картів (рис. 74–78) тощо.

Характерним і гарним прикладом системної трансформації умовної природної форми є хвиляста сегментна оболонка “вільної” просторової форми (оболонка подвійної кривизни), що ніби не є результатом інженерних розрахунків, а створена на основі прямого використання законів формоутворення природи (рис. 30–35). Наприклад, форма покриття ресторану в Пуерто-Ріко та океанаріуму у Валенсії (Іспанія) добре відповідає своєму функціональному призначенню – максимально захищати інтер'єр від пекучого проміння південного сонця та одночасно забезпечувати візуальний зв'язок між внутрішнім простором і зовнішнім середовищем. Подібна оболонка створює відчуття її природного походження. У ній узагальнено закономірності багатьох форм живої природи – мушлі, квітки, листка, хоча в реальності – ні мушлі, ні квітки, ні листків подібної форми немає (рис. 37, нижнє зображення).

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні прийоми і принципи біоніки та основні етапи архітектурно-біонічного процесу.
2. З чого складається стадія об'ємного моделювання в дизайні й архітектурі?
3. Роль інтуїції художника в пошуку остаточного рішення.

Література: 30.

4. Матеріал і функція живої природи

*Вивчати живі організми незалежно від їхніх функцій
майже так само неможливо, як вивчати машини
і їх частини, не цікавлячись їхньою дією.*

К. Тімірязєв

Одним із основних понять біоніки є тектонічність, яка розглядає дуже важливу складову формоутворення – взаємозв'язок **матеріалу, форми й функції**. Зміст роботи матеріалу в біологічному прототипі та роботи матеріалу в похідній від нього архітектурі досить різні, оскільки змінюються навантаження й щільність матеріалу, його несуча здатність тощо. Залежно від цього змінюється і прикінцева зовнішня форма запроєктованого об'єкта (рис. 36).

Проблема відтворення конструктивно-тектонічних властивостей живої форми, її ідеї можуть бути вирішені разом із проблемою взаємоспіввідношень цих властивостей і розмірів форми. У цілому ця проблема “**пропорційних систем**” полягає в поєднанні технічного пропорційного збільшення вихідного живого зразка в певну кількість разів з вимогами до створюваної нової форми і її нових функцій. 350 років тому Галілео Галілей описав закон “геометричної подібності”, проілюструвавши його такими словами: “Дуб у двісті ліктів висотою не зміг би витримати гілок і крон своїх при умові подібності з дубом середньої величини” [37, с. 102]. Дійсно, якщо порівняти поперечний зріз невеликого дерева з більш великим представником цього ж виду, то помітимо відчутну різницю в кількості й поділі механічних річних волокон. Саме так, якщо збільшити метелика в 100 разів або птаха в 10 разів, під дією існуючих в природі сил, вони не змогли би полетіти. Якщо в архітектурних конструкціях прийняти покриття у вигляді механічно збільшеної в тисячу разів павутини або морської мушлі, то для того, щоб вони витримувало величезні реальні навантаження або просто тримались, необхідні додаткові опори, ванти, конструкції, витрати на які можуть в багато разів перевищити витрати на саме покриття. Про структурні зміни конструкції залежно від абсолютних розмірів говорить Курт Зігель: “Архітектурний задум втілюється з урахуванням властивостей матеріалу, а не є тільки плодом творчості рисувальника або графічним твором. Там зберігають свою силу закони **пропорції**, що залежать від тектонічної форми, від яких неможливо абстрагуватись”. “На численних прикладах самої природи можна прослідкувати той вплив, який справляють абсолютні розміри на форму конструкції” [21, с. 69–70].

Вирішення багатьох проблем сучасної архітектури і ергодизайну можна здійснити, досліджуючи різні за розмірами, але однотипні за характером **системи** живої природи (наприклад, стеблини рослин і крона дерева). **Моделювання** необхідно проводити в декілька етапів з поступовим збільшенням розмірів моделей з використанням **принципів** конструктивної системи.

У середньому між вихідними об'єктами живої природи (прототипами) і прикінцевим об'єктом архітектури або предметом ергодизайну (їх остаточною моделлю) можуть бути виконані дві-три перехідні моделі. Моделі першого “щабля” можуть бути дуже невеликих розмірів (зменшеним макетом) і відтворювати принцип формоутворення в будь-якій довільній загальній формі. Моделі вищого, другого, “щабля” дозволяють відтворити з більшим наближенням цікаві для нас елементи живої форми й намітити чітко лінії напружень під час імітаційних випробувань. Вони також зручні для експлуатації їх в лабораторних умовах, оскільки мають висоту 1–2 м і формують уявлення дослідників про можливі пропорційні збільшення навантажень при збільшенні самих конструкцій до реальних розмірів. Зручним матеріалом для моделей на першій стадії може бути картон і ватман, а на другій (коли моделі досягають зросту людини, імітуючи майбутній проєктований об'єкт) – пластмаси, органічне скло, дерево, метал, пластилін, поліетилен (плівка), нитки для імітації вантових конструкцій тощо.

Однак найсучаснішим є 3D-модельовання можливих варіантів об'ємно-просторового вирішення, яке дозволяє більш **комплексно** враховувати не тільки можливі зміни форми, але й ряд вимог до її міцності, функціональності, тектонічності, естетичності. Для дослідження будь-якого явища в “чистому” вигляді можливо використовувати як моделі найпростіших живих структур організмів (такі як ДНК, клітина, молекула), оскільки безліч процесів в найрізноманітніших організмах, незалежно від їх складності, протікають однаково або подібно.

Використання принципів побудови живих структур впливає на зміни характеристик архітектурних форм і на їх красу, на художні якості архітектури, її образність, в широкому розумінні – на естетику архітектурних форм. Завданню організації архітектурного простору підпорядковані не самі закони конструювання, а вибір конструкцій і конструктивного рішення. П.-Л. Нерві в доповіді на VI конгресі МСА в Лондоні (1961) стверджував: “Кожен день ми зіштовхуємось з такими видами конструкцій, форма яких визначається загальновідомими законами природи; ми не можемо їх відмінити або змінити, але можемо змусити їх служити нам”. Вплив законів формоутворення природних конструкцій на архітектурну форму (з метою досягнення бажаних естетичних явищ) може бути послаблено при конструюванні за рахунок збільшення запасу міцності й нееконічності витрати матеріалу (рис. 39).

Отже, **матеріал, функція і форма** в живій природі і в архітектурі – це абсолютно різні речі. Оскільки, і природний прототип (взятий за основу модельовання), і похідна від нього штучна тектонічна форма існують в подібному середовищі з однаковими законами статички й впливу навантажень, то цілком логічно, що при звичайному пропорційному збільшенні будь-якої природної конструкції, наприклад в тисячу разів, необхідно буде замінити сам матеріал на більш міцніший і збільшити його товщину (поперечний переріз).

Необхідно зазначити, що разом з матеріалом в архітектурі змінюється й запозичена у природи функція. Так, наприклад, робота судин та капілярів у рослин і тварин (виконувати завдання кровопостачання та постачання поживних речовин в організм), в архітектурі житлового будинку трансформується в систему забезпечення водовідведення, водопостачання та каналізації. Деякі функції живої природи людина воліла б перенести без змін, максимально “скопіювавши” їх. Робота нирок і печінки з очищення рідин і крові постійно запозичується (як принцип) сучасними інженерами для ефективної фільтрації води та іншої рідини, що споживає людина у своєму повсякденному житті. Робота більшості сучасних фільтрів з їх системами багаторівневого очищення води – це своєрідна “калька” з підказаного природою принципу фільтрації ґрунтових вод або роботи нирок живих організмів.

Тобто, ми маємо змогу переконатись, що людство навчилось запозичувати у живої природи не тільки зовнішньо подібні форми та матеріали, але й адаптувати принципи їх використання в штучному формоутворенні залежно від виконуваної тектонічної роботи і співмасштабності пропорціям людини (рис. 36–38).

Світ живої природи нескінченний у своїй різноманітності й потрібен лише час, щоб дослідити ці форми, класифікувати і відібрати їх на основі **варіативного** пошуку остаточної ідеї. Вивчаючи корисність і можливість застосування природних форм для архітектури (самоутворення, міцність матеріалу, подібність форм, естетична оцінка композиції, авторегуляція), ми вивільняємо їх від чужих зодчеству впливів, що викликані тими фізіологічними процесами, які в прямому сенсі не властиві архітектурі (наприклад, функції харчування, травлення, розмноження тощо). Якщо детально досліджувати принципи біоніки, то природна форма в архітектурі завжди повинна видозмінитись, трансформуватись залежно від нових коливань, зусиль, навантажень тощо. Розглянемо декілька наочних прикладів подібних форм і специфіку їх роботи в наступних розділах (рис. 44).

Різноманітність живих організмів. Окрім поділу організмів на одноклітинні й багатоклітинні, учені відокремлюють й інші форми живої природи. Найпоширенішим є поділ організмів на **рослини, тварини, гриби й бактерії**. **Рослини** – це організми, які мають клітинну будову, живляться, ростуть, розмножуються. Під час дихання вони поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ. Разом з тим рослини мають ознаки, за якими відрізняються від інших організмів. Рослини виділяють кисень, яким дихають організми нашої планети. Рослини зазвичай ведуть прикріпленій спосіб життя, хоча окремі частини їхнього тіла здатні рухатися. Наприклад, рухаються виткі пагони гарбуза, огірка, винограду, обкручуючись навколо різних опор, і квітки тюльпанів, які відкриваються вранці і закриваються увечері (ознаки авторегуляції), що підказало принцип регульованої архітектури.

Рослини характеризуються багатоманітністю розмірів, форм листків і стебел, забарвленням квітів і плодів, способами розмноження й тривалістю життя. Вирізнити рослини з-поміж інших організмів можна доволі швидко за зеленим кольором, який їм надає речовина **хлорофіл**. Завдяки йому рослинні організми на сонячному світлі **утворюють органічні речовини**, що необхідні їм для існування. Так рослини забезпечують себе та інші організми поживними речовинами.

За розглянутими ознаками безпомилково можна віднести до рослин могутній дуб і тендітну волошку, розлогий кущ ліщини чи маленьку ряску в ставку. Серед рослин існують **одноклітинні й багатоклітинні**. За зовнішнім виглядом стебла та його розмірами серед рослин розрізняють **дерева, куші й трав'янисті рослини**.

Тварини наземно-повітряного середовища спілкуються за допомогою рухів, звуків та запахів. Адже завдяки дифузії запахи добре поширюються в повітрі й сприймаються тваринами, у яких добре розвинений нюх. Наприклад, наземні хижаки – вовк і лисиця дізнаються про наближення здобичі за її запахом. Собака може не впізнати господаря по ході чи вбранню, але обов'язково відчує його запах.

Рослини з наземно-повітряного середовища отримують сонячне світло й вуглекислий газ, необхідні для утворення органічних речовин і кисень для дихання. У деяких рослин плоди й насіння поширюються вітром. Для цього існують різноманітні пристосування. Це й реп'яхи, й парасольки кульбаби й крильця, й летючки (як у клена й інші, які за способом дії нагадують парашут та пропелер гелікоптера).

Мешканці наземно-повітряного середовища пересуваються й у повітрі, й по землі. Для цього вони мають різноманітні пристосування. Наземні тварини бігають, стрибають. Це забезпечується різною будовою їхніх кінцівок. Наприклад, олень і кінь бігають, спираючись на пальці. Вони вкриті твердим чохлом, що називається копитом. За цією ознакою виокремлено групу копитних тварин. Широкі копита й довгі ноги лося дають йому змогу рухатися по заболоченій місцевості. Менші й вужчі копита диких кіз допомагають їм підніматися крутими кам'янистими скелями. Стрибками переміщується зелений коник, жаба, заєць, кенгуру. У цьому їм допомагають розвинуті задні кінцівки, які сильніші й довші за передні. Вуж, гадюка мають гнучке тіло. Вони вигинають його хвилеподібно й завдяки цьому повзають.

Народжені літати, у повітрі значну частину життя проводять птахи. Метелики, мухи та інші тварини й комахи. Літати їм допомагають крила. Серед звірів тільки кажани мають крила й здатні до активного польоту. Інші представники звірів лише на деякий час можуть затриматись у повітрі, коли перестрибують з дерева на дерево. наприклад, у білки-летяги з боків тіла є широкі складки шкіри, які вона розправляє в повітрі й використовує як парашут під час польоту.

Птахи – особлива група тварин, здатних до польоту, переміщення по землі й воді. Серед сучасних мешканців наземно-повітряного середовища, здатних до польоту, немає тварин з великою масою. Ясна річ, маса заважала б тварині піднімати своє тіло в повітря й рухатися в ньому. Якщо літаючі комахи й легенькі, то птахи набагато важчі. Проте вони легко піднімаються у височінь, вправно долають повітряні течії, а деякі ще й полюють у повітрі. Злітати в повітря й переміщуватись в ньому птахам допомагають не лише крила. Сприяє польоту пір'я й повітря, яке є в порожнинах кісток птаха, що робить його легшим. За формою дзьоба птаха можна визначити, чим він живиться. Так, у снігура дзьоб короткий і товстий. Це свідчить про те, що птах живиться насінням і таким дзьобом прокушує міцну шкірочку. Яструб, орел, сова – хижі птахи. Їхні гострі, загнуті донизу міцні дзьоби допомагають розривати здобич., харчуючись м'ясом. У лелеки та дятла довгий, прямий, іноді трохи загнутий до гори дзьоб. Ним легко ловити й утримувати слизьку рибу, жаб. Ластівка ловить комах на льоту, тому її дзьоб короткий але широкий.

Підсумки аналізу природних прототипів:

- умови наземно-повітряного середовища досить різноманітні. Провідну роль серед чинників неживої природи тут відіграє освітленість, температура, вологість, газовий склад повітря, які здійснюють відповідний вплив на формування штучного середовища;
- характерною ознакою наземно-повітряного середовища є значні зміни температури впродовж доби й протягом року;
- завдяки сприятливим умовам у наземно-повітряному середовищі світ його мешканців різноманітний;
- тваринам наземно-повітряного простору властиві різні способи переміщення, які були використані у створенні сучасного транспорту;
- тварини в наземно-повітряному середовищі для орієнтації в просторі використовують органи зору, слуху, нюху.

Крім рослин, тварин і грибів існує ще одна група організмів – **бактерії**. Усі їх представники мають надзвичайно малі розміри, тож побачити їх можна лише в мікроскоп. Тому їх ще називають мікроскопічними організмами. Бактерії – найдавніші організми на Землі. Вони мешкають усюди – у воді, ґрунті, різних організмах, у повітрі, яким дихає людина, у тілі рослин, тварин, людини. Представники бактерій єдині серед організмів, які здатні жити в гарячих джерелах і льодовиках, їх форма дуже часто нагадує форму й геометрію елементів макрокосмосу й мікрোকосмосу.

До бактерій належать переважно одноклітинні організми різної форми, наприклад кулясті, паличкоподібні, спіральні тощо. Від рослин, тварин і грибів **бактерії** відрізняються тим, що їхні клітини **не мають ядра**. У деяких найпростіших бактерій є один чи кілька джгутиків. За допомогою них бактерії рухаються.

Інші бактерії, які не мають джгутиків, переміщуються ковзанням або переносяться вітром чи течіями водою на значні відстані. Як і інші організми, бактерії дихають киснем, хоча серед них є й такі, яким для дихання кисень не потрібний. Потрапивши у сприятливі умови, бактерії дуже швидко розмножуються. Наприклад, скисання молока – результат швидкого розмноження молочних бактерій, які в нього потрапили. Серед бактерій є корисні та шкідливі для людини. Як зазначалося вище, частина бактерій руйнує відмерлі рештки організмів. При цьому ґрунт поповнюється неорганічними речовинами, потрібними для рослин. Існують бактерії, які створюють органічні речовини ґрунту. Тож завдяки бактеріям на планеті не накопичуються рештки відмерлих рослин, тварин, грибів, а ґрунт збагачується необхідними для рослин речовинами.

У кишечнику людини живуть корисні бактерії, які утворюють необхідні вітаміни й захищають людину від інших бактерій, які є шкідливими для її здоров'я. Існують бактерії, які перетворюють молоко на сметану, кефір, сир, допомагають у виготовленні йогуртів, деяких сортів твердого сиру. Застосування дріжджів, заготівля силосу, жому на корм тваринам і квашення капусти теж не обходиться без бактерій.

Дуже цікавими є спостереження і аналіз будівельної діяльності існуючих в Україні видів комах, птахів і тварин. Багато з них майстерно виривають нори, в'ють гнізда та будують досконалі багатометрові дамби, які слугують їм і надійним укриттям і затишним житлом. Найбільш відомими будівельниками-тваринами є хом'яки, кроти, нутрії, але навіть серед них найбільшої слави неперевершених “конструкторів” набули бобри. Вони живуть великими сім'ями й разом розбудовують величезні (іноді понад 100 м) і багатопверхові дамби з гілок, листя, хмизу та багнюки. Люди дуже поважають бобрів за їх будівельні здібності, неабияку працездатність, і в багатьох країнах їх навіть зображують на гербах окремих штатів, національних парків і цілих республік. Ці тварини не просто заготовляють і скидають на одну купу гілля, а навпаки – рукоподібними лапками вони цілеспрямовано сплітають “будівельний матеріал” в розлогі склепінчасті ходи між чисельними багаторівневими гніздами, що дуже схожі на окремі кімнати. Бобри спеціально роблять їх на різних рівнях, щоб коли нижні рівні будуть випадково затоплені водою, то чисельні члени їх сімей могли б ховатись в більш сухих верхніх поверхах таких споруд. Окрім того, подібних базових гнізд і ходів-лабиринтів між ними, тварини роблять таку велику кількість, що ні хижак, ні людина не здатні визначити, де зараз переховується господар цієї грандіозної споруди. У Канаді бобри навіть встановили своєрідний рекорд, спорудивши на болоті розлогу “дамбу” довжиною понад 500 м. Крім того, якщо дивитись зверху на своєрідний “план” (зріз) подібної споруди, то можна помітити, що “будівельники”, щоб убезпечити себе, роблять ходи спіралеподібно з великою кількістю фальшивих ходів та чисельними тупиковими лабіринтами.

Це свідчить про те, що ці тваринки й на генетичному рівні, і завдяки набутим від батьків знанням, є справжніми будівельниками, і перші люди запозичували у подібних тварин їх уміння. Принцип розміщення свого житла входом з води чітко відповідає законам фізики, згідно з якими вода не підіймається в перевернуту ємність. Опустивши в лабораторних умовах будь-який посуд в іншу, набагато більшу ємність (особливо, коли обидві вони будуть із скла), ми переконаємось, що в першій тарі збереглося повітря (кисень), яким можна дихати глибоко під водою. Цей принцип використали не тільки водоплавні тварини й комахи, але й інженери-конструктори, які понад століття тому запропонували перші проекти скафандра водолаза, підводного човна й батискафа. Близькими до них є нутрії, які хоч і не будують “палаців” з хмизу, але виривають нори під водою, куди не можуть дістатись більшість хижаків. На суходолі подібні розлогі нори з чисельними ходами, гніздами та лабіринтами роблять кроти та хом’яки.

Людей завжди вражала здатність птахів вити найрізноманітніші гнізда з хмизу й багнюки. Вітчизняні лелеки, ластівки, голуби, шпаки та багато інших пернатих досягли в цьому “мистецтві” надзвичайної майстерності. Так, ластівки дуже часто селяться біля людської оселі та в’ють свої гнізда під стріхою навіть на дуже невеликій висоті, бо довіряють господарям. Збираючи соломку, хмизинки й листя, ластівки та лелеки “вплітають” їх одна за одною, скріплюючи між собою мокрою багнюкою. Літні люди розповідають, що саме у птахів (лелек, ластівок) перші українці навчилися монтувати й плести перші тини навколо своїх осель, що разом з хатою під стріхою стали своєрідними символами не тільки звичайного села, але й нашої працелюбної нації. Інші птахи – стрижі надають перевагу гніздам, звитим в середині невеликих нір, виритих в глиняних та піщаних кручах та насипах на великій висоті. Будівельна діяльність ластівок та стрижив не залишилась непоміченою людиною, і дуже багато споруд, ніби “виліплених” на вершинах кам’яних урвищ, часто називають їх іменами – наприклад. палац Ластівчине гніздо в Криму тощо. Але найбільш оригінальними будівельниками серед птахів є дятли, які своїм довгим як долото дзьобом видовбують собі житло у вигляді дупла в кронах дерев. У подібному “житлі” оселяються не тільки самі дятли, але залюбки обживають дупла й лісові та паркові білки, кажани, сови тощо. Можна навіть зробити припущення, що перші люди почали виготовляти інструменти з обробки деревини й каменю саме “піддививши” їх можливу конфігурацію у формі дзьоба таких птахів як дятли.

Необхідно зазначити, що не всі тварини настільки “працелюбні”, щоб самим будувати собі житло. Деякі морські істоти часто знаходять його на дні. Наприклад, деякі види риб, равлики й морські краби ховаються у вже створених природою (течією припливу тощо) “будиночках”. Зовнішня форма тіла і його колір дозволяють багатьом риbam успішно зливатись з оточенням. Але такі риби, як морський коник та окунь, камбала, річковий вугор ховаються від хижаків в невеличких природних “печерах” з каміння й піску під водою.

Після своєї появи на світ маленькі равлики, личинки й морські краби ховаються в старих покинутих мушлях, як в будиночках, а деякі види крабів і равлики, коли підрастають, навіть пересуваються зі своєю “домівкою” для захисту від зазіхань можливих хижаків або недоброзичливих сусідів-одноплемінників. Принцип подібних пересувних будиночків було покладено в розробку сучасних автотрейлерів.

Дорослим представникам багатьох видів у живій природі взагалі не потрібно турбуватись про свій захист, бо про нього вже подбала природа шляхом тисячолітнього природного відбору. Так, деякі тварини від народження мають ефективний природний захист у вигляді довгих голок (їжак, морський їжак), іноді навіть отруйних (скорпіон), або унікальних панцирів, як у дикобраза, мурахоїда та носорога. Зі своїм будиночком “за плечима”, мандрують по землі річкові равлики, мушля-будиночок яких має неповторну за своєю структурою спіралеподібну форму, звичайні черепахи, форму панцира яких часто беруть за основу для розробки моделі перекриття великопрогонових зальних приміщень (залів, ангарів, цехів тощо).

Існує така думка науковців, що спіралеподібна форма мушлі стала прототипом для розробки ідеї капітелей одного з класичних ордерів. Будова волут іонічного ордера за своєю структурою, якщо не збігається, то дуже нагадує спіраль морської мушлі (рис. 23, 24).

Деякі види сучасних живих істот взагалі мало турбуються про майбутнє житло з огляду на свою власну силу, існуючу захищеність або рівень колективної безпеки. Однак, мінімальні “будівельні” роботи вони змушені проводити, хоча б у період розмноження. Так, більшість страусів, крокодилів і черепах відкладають свої яйця в розпечений пісок, що сприяє якнайшвидшій появі на світ їх дитинчат.

Але найбільше своїми особливостями будови тіла й здатністю при цьому літати вражають спостерігачів різні комахи. Часто інженери-проектувальники та конструктори брали за основу форму крил комах, щоб створити перші моделі літальних апаратів [23]. Люди розуміли, що для того, щоб злетіти в повітря перші літаки повинні мати мінімальний коефіцієнт опору й бути виготовлені з дуже легких матеріалів. Спочатку, в експериментальних моделях, це були папір і тканини, а потім їх замінили деревина та надлегкі метали на зразок титану, дюралюмінію тощо.

Ще більше захоплення викликають “будівельні” здібності так званих соціальних комах, які живуть величезними колоніями, і в яких існує чіткий розподіл “обов’язків” в рамках сім’ї: бджоли, оси, мурахи, терміти тощо. Так, наприклад, бджоли будують свої стільники на основі форми рівностороннього шестикутника окремого стільника, в якому розміщується (закладається) личинка майбутньої бджоли або матки.

Узагалі тема стільників, як щільних конструктивних та оздоблювальних матеріалів, досить часто зустрічається як у дизайнерському вирішенні та оформленні інтер'єрів (рис. 90, 91); так і у вирішенні архітектури окремих будівель та в екстер'єрах великих архітектурних комплексів (рис. 51, 57).

Скупчення комарів або метеликів, які можна спостерігати, є тимчасовими, оскільки ці комахи можуть жити поодинокі. Але є види комах, які існують тільки тому, що окремі особини живуть в організованих “співтовариствах”-колоніях (сім'ях). Таких комах називають суспільними. До суспільних комах відносять термітів, мурашок, деякі види бджіл, ос, джмелів. У колонії обов'язково є матка (цариця) – плодовита самка. У термітів цариця завжди має “чоловіка” (царя), що живе разом із нею. Безліч безплідних нащадків утворюють касту робітників. У бджіл вона складається із самок, а в термітів серед робітників є і самки, і самці.

Матка “відповідає” за продовження роду, тому безперервно відкладає яйця. З них розвиваються й безплідні робітники, й здатні до розмноження самці й самки – майбутні матки. Зазвичай матка живе довше за своїх безплідних нащадків (у бджіл – до 5 років, у мурашок – 6–7 років, у термітів – понад 20 років). У перетинчастокрилих самці (у бджіл – трутні) в сім'ї довго не живуть, вони відлітають, щоб зустріти плодовитих самок з інших сімей і запліднити їх. Пересічні бджоли взагалі більше року не живуть, а ті, що народжуються навесні й важко працюють усе літо – живуть менше 3–4 місяців. Робоча бджола-фуражир здатна підняти вагу, що в десять разів перевищує її власну та виконати понад сто польотів за добу.

Робітники виконують усі обов'язки щодо забезпечення “побуту” сім'ї та її захисту. Вони будують гніздо з камерами для личинок і яєць, чистять його, захищають підступи до гнізда, знищують ворогів, які потрапили до нього. Робітників, що знаходять нові джерела їжі, збирають її, зносять до домівки, називають фуражирами. Вони годують матку й личинок, доки ті не перетворюються на лялечок.

У бджіл кожен робітник, зазвичай, виконує то один вид робіт, то інший, залежно від його віку. У мурашок і термітів каста робітників розділена від початку життя комах на солдатів і фуражирів. Солдати захищають гніздо, ведуть територіальні війни, але самі відшукувати їжу не можуть. Будова тіла у комах-фуражирів і комах-солдатів неоднакова: солдати мають могутні пристосування для оборони й нападу.

У кожного члена колонії є програма інстинктивної поведінки, що визначає його обов'язки. Члени колонії не можуть жити самотійно, розмноження в таких комах можливе лише за наявності колонії, тому існування виду суспільних комах залежить від благополуччя їх колоній, можливості продовження роду й збільшення чисельності сім'ї.

Існує безліч теорій, що обґрунтовують природне походження соціальної моделі людського суспільства, запозиченої у тварин і комах. Наприклад, поведінка, комунікація (спілкування) членистоногих є основою програми поведінки, що властиві кожному виду комах. “Мова”, за допомогою якої відбувається комунікація комах, складається зі “слів” – звукових, зорових, дотикових і хімічних сигналів. За їх допомогою вони кодують складну інформацію й передають її іншим. Так, бджоли-розвідниці використовують для цього набір стандартних рухів, якими вони позначають маршрут польоту від вулика до квітучого дерева. Особливу роль у біосфері відіграють комахи, які є головними запилювачами квіткових рослин. Від того, чи відвідають комахи-запилювачі рослини в період їх цвітіння, залежить поява в рослини плодів і насіння. Важливою є роль і тих комах, що живуть у ґрунті та в опалому листі. Одні постійно розпушують ґрунт, інші разом із грибами й мікроорганізмами переробляють опад, сприяючи процесу його гниття. Свій внесок у благополуччя екосистеми вносять і комахи, які споживають рештки тварин. Подібний взаємовплив і взаємообмін притаманні й процесам штучного формоутворення.

Загальний план будови нервової системи і органів чуття в комах такий самий, як і в решти членистоногих. Але мозок комах є більшим за розміром і складнішим за будовою, особливо в комах зі складними формами поведінки (бджоли, мурашки). У комах є й складні (фасеткові) очі й прості вічка. Таргани бачать не дуже добре, оскільки органи зору мають досить просту будову. А у бджіл кількість фасеток у складному оці досягає 28 тис. Вони здатні навіть розрізняти кольори. Добре розвинутими в усіх комах є органи дотику, нюху й температурного чуття, що розташовані на вусиках. Органи смаку містяться в комах на щупиках нижніх щелеп і нижньої губи, що стали прототипами сучасних радарів і навігаційних систем в авіації.

Клас комах – найчисленніший у царстві **тварини**. Усі комахи розмножуються статевим шляхом, запліднення в них внутрішнє. Для всіх представників цього класу характерний непрямий розвиток. Але й непрямий розвиток буває різним. Непрямий розвиток, за якого комага проходить три стадії (яйце – личинка – доросла комага) називають **розвитком з неповним перетворенням**. Формування лялечки починається після останнього линяння гусениці: вона завмирає й припиняє жити. У цей час у личинки монарха міняється колір хітинового покриву. В інших видів комах личинка закутується в оболонку з речовин, які виробляють спеціальні залози. Такий тип непрямого розвитку називають **розвитком із повним перетворенням**. Він складається з чотирьох стадій: яйце, личинка, лялечка, доросла комага. Цей процес став прототипом поступової поетапної трансформації в динамічній архітектурі, дизайні меблів і обладнання.

Окремо необхідно сказати декілька слів про унікальну форму, структуру тіла, спосіб життя і засоби плетіння павуків. Їх будівельна робота викликає захоплення у великої кількості інженерів та дизайнерів.

Дуже часто в ескізних малюнках відомих зодчих за основу розробки сучасних оболонкових і вантових конструкцій будівель і споруд як прототип береться механічна робота звичайної павутини (рис. 22, 36). Ванти зі сталевих тросів є надзвичайно міцною конструкцією, яка здатна витримувати величезні навантаження впродовж десятків років (рис. 55); в даному випадку вдало використовується властивість металу добре працювати на розтяг. Крім того, багато вчених вважають, що якби була можливість ефективного пропорційного збільшення самої павутини разом з її характеристиками міцності, то показники пружності зробили б її більш надійною, ніж сталевий канат.

Зовнішні ознаки, за якими можна вирізнити представників типу членистоногих класу павукоподібні – відсутність вусиків і чотири пари ходильних ніг, розташованих на головогрудях. На черевці в павукоподібних кінцівок немає. Клас павукоподібних тип членистоногих містить 13 рядів. Окрім павуків, до нього належать ще деякі тварини, про яких ми могли чути: кліщі, скорпіони, сольпуги, сінокосці. У нашій країні існує близько 1000 видів цих членистоногих. Більшість із них плете павутину. Конструкція павутини є для павуків важливою видовою ознакою. У темних кутках будинків можна побачити вертикальні ловильні сітки, липку сітку-воронку, розташовану горизонтально. Ця споруда належить домовому павуку, поширеному в усьому світі. Тіло самого павука послужило прототипом багатьох сучасних роботів, всюдиходів, місяцеходів тощо.

Серед павуків є види, що полюють не застосовуючи ловильну сітку, але їх небагато. До них належить павук-бокохід. Завмерши на квітці, він очікує на здобич. Залишатися “невидимкою” павуку допомагає забарвлення: його зеленувато-жовті покриви повторюють кольори чашолистків. Навіть прозорі бджоли й джмелі не помічають цього мисливця, доки він залишається нерухомим. Дочекавшись миті, коли голова бджоли, що сіла на квітку, опиниться в “букеті” тичинок і комах втратить пильність, квітковий павук нападає на жертву.

Невеликий павук-сріблянка мешкає під водою. Незважаючи на місце проживання, сріблянка, як і всі павукоподібні, дихає атмосферним повітрям. У водоймі з павутини, що не змочується водою, павук буде житло. “Будиночок” сріблянки нагадує наперсток, прикріплений до водної рослини. Коли тварина виринає, поміж густих волосків, якими вкрите тіло павука, проникає повітря. Пухирці повітря, що застрягли між волосками, павук дбайливо доставляє до свого житла, де струшує їх. Павук має маленькі головогруді й велике кулясте черевце. На головогрудях спереду розміщуються чотири пари простих вічок і ротові органи: ногощупальці й пара головогрудних кінцівок – **хеліцер**. Хеліцери закінчуються гострими гачками. До них з отруйних залоз, розташованих в основі хеліцер, надходить отрута. Ногощупальці вкриті волосками – органами дотику та нюху. По боках головогрудей ростуть чотири пари довгих ходильних ніжок. На кінці черевця знизу міститься три пари павутинних бородавок. З них виділяється в’язка речовина, яка легко тужавіє на повітрі, утворюючи павутинні нитки.

Павутина (ловильна сітка) – пристрій, що дає змогу безкрилому павуку-хрестовику полювати на літаючих комах. Павук сплітає павутинні нитки в одну нитку за допомогою гребінчастих кігтиків, що містяться на задніх ходильних ніжках. Прикріплюючи цю нитку до гілок дерев або інших предметів, хрестовик натягує вертикальну “раму”. Усередині рами він протягує радіальні нитки й заповнює конструкцію спіралью розташованими нитками. Кожна з пар бородавок павука виділяє павутинну нитку певного виду. З міцної та гладкої нитки тварина будує раму з радіальними променями. Нитки, що залишаються липкими в повітрі, використовуються на спіральну частину павутини. Саме до неї й прилипають комахи, потрапляючи в ловильну сітку. Гніздо павука поєднано з центром ловильної сітки “пристроєм зв’язку” – довгою павутинною ниткою. Рухи здобичі, яка потрапила до ловильної сітки, викликають коливання павутини, що передаються до гнізда павука. Ці коливання є для павука сигналом “здобич у сітці”, на зразок поплавка в рибалки.

Кровоносна система у комах незамкнена. Але, на відміну від інших членистоногих, у комах вона не транспортує до органів кисень, а з них – вуглекислий газ, оскільки цю роботу виконують трахеї. Головне завдання кровоносної системи комах – розповсюдити по організму поживні речовини. Вони надходять через стінки кишечника безпосередньо в гемолімфу, що омиває всі органи. Частина речовин відкладається в жировому тілі, утвореному особливою сполучною тканиною, і використовується комахами під час метаморфозу, коли живлення припиняється.

На зиму павуки ховаються в затишні місця, де в заціпенінні спочивають до весни. Але є види павуків, що не бояться холодів, їх можна побачити у відлигу на снігу під деревами. Живуть павуки в наших широтах два роки. Комахи – активні тварини, вони рухаються швидко, витрачаючи багато енергії. Тому транспорт речовин у їх організмах має відбуватися з великою швидкістю. Отже, і гемолімфа в тілі комах має рухатися швидко. Досліджувати подібні процеси спонукає необхідність пошуку нових прийомів і методів авторегуляції й самоутворення в живій природі, щоб трансформувати їх та перенести в процес штучного формоутворення.

Контрольні питання

1. У чому полягає процес виявлення спільних і відмінних рис в природі та в архітектурі?
2. У чому полягає особливість системного аналізу від “функції і форми” в живій природі до “функції і форми” в архітектурі?
3. Розкрийте поняття тектонічності в біодизайні та варіативному виборі остаточної ідеї.

Література: 32, 63, 70.

5. Основні прийоми і принципи формування опорних систем у живій природі

Є деякі умови, які роблять художнє формування (зокрема зодчество) одним з неповторних і унікальних видів творчої діяльності людства на Землі (рис. 44–45). Людина пізнає й відображає навколишній світ у своїй діяльності двома основними способами: за допомогою розуму та за допомогою почуттів. Пізнання розумом здійснюється через науку, пізнання почуттями – через мистецтво. Фізика, хімія, математика, креслення та інші розділи науки – це сфера пізнання інтелектуальна. Архітектура, образотворче мистецтво, скульптура, література, театр та інші види мистецтв – це сфера пізнання емоційна. Специфіка й унікальність архітектури, метою якої є ефективна організація гармонійного простору штучного середовища життєдіяльності, полягає в тому, що в ній знайшли своє втілення два витoki в пізнанні та відображенні існуючого світу – розум та почуття. У поєднанні цих двох витоків пізнання навколишнього світу полягає особливість архітектури, що робить її самостійною галуззю людської діяльності, заснованої на закономірностях мистецтва та науки, чого немає в жодній іншій сфері формування. Саме тому, вчені часто називають архітектуру найбільшим мистецтвом серед усіх існуючих наук, та найбільшою наукою серед усіх існуючих мистецтв. Це виправдано ще й тому, що всі естетичні складові архітектури (як мистецтва) потребують обов'язкової перевірки через фізичні параметри та конструктивні розрахунки (як науки). Подібна подвійність основ архітектури здебільшого знаходять своє відображення в такому засобі архітектурної композиції як “тектоніка”.

Якщо універсальні засоби композиції (тотожність, нюанс, контраст, ритм, метр, симетрія, асиметрія, масштабність, пропорційність, супідрядність, синтез мистецтв тощо) базуються повністю на їх емоційному сприйнятті (що характерно для дизайну, реклами, скульптури, образотворчого мистецтва, станкового живопису), то вирішення завдань тектоніки здійснюється як почуттями, так і розумом. Саме ця двоєдиність основ робить сприйняття тектоніки в архітектурі найбільш складним (рис. 12, 13, 17).

Слово “тектоніка” (*τεκτονική*) грецького походження і дослівно означає “той, що відноситься до будівництва”. В архітектурі подібний перелік почав вживатись досить пізно (XIX ст.), і має різне тлумачення та поступово запозичується в інші творчі напрями (наприклад, тектоніка в скульптурі, тектоніка в дизайні тощо). У сучасному мистецтві та мистецтвознавстві під **тектонікою прийнято** розуміти розкриття естетичними засобами матеріально-технічної структури споруди (твору) і пластичне виявлення фізичних властивостей матеріалу, а також особливостей виробництва, що сприяють виявленню ідейно-художнього задуму. Якщо говорити простіше й коротше, то **тектоніка** – це художнє вираження специфіки роботи матеріалу в тій або іншій конструктивній системі. Тобто поняття **архітектурної правди** (запроваджене основоположниками раціоналізму) має безпосереднє відношення й до функції, і до форми, і до конструкцій, і до матеріалу, у якому вони втілені.

Цікаво, що в живій природі питання правдивості форми вже давно вирішені й людина лише продумано переносить їх в штучне формоутворення, частково трансформуючи вихідну об'ємну модель прототипу та його внутрішні функції й морфологію.

Відповідне використання матеріалу для створення тієї або іншої форми дозволяє отримувати їх гармонійну єдність, без якої високохудожня естетика архітектури неможлива. Повноцінне звучання архітектура отримує в тому випадку, коли функціональні процеси та простір призначений для їх організації знаходяться в гармонійній єдності, тобто **форма** відповідає **змісту**. Основоположники-теоретики функціоналізму вважали, що у функціональних процесах (за визначенням) вже закладена естетика, потрібно лише її віднайти, усвідомити та виявити у формі об'єкта будівництва з урахуванням умов конкретної ситуації. Отже, очевидно, що в процесі біотектонічного моделювання теж необхідно добре знати зміст і форму, а стосовно поняття тектоніки в архітектурі треба добре знати можливості матеріалу й розуміти його роботу в різних конструктивних системах при створенні тієї або іншої форми.

Біонічне моделювання як творчий процес складається з трьох основних стадій: “аналіз – синтез – впровадження”. Біомоделювання на будь-якій стадії може доповнювати дизайн і проектування. Ці стадії “передпроект – проект – робочі креслення” повинні виконуватись на основі варіативного вибору найкращого варіанта серед представлених розробок. Якщо до подібної роботи додати біотектонічну оцінку проєктованого об'єкта або комплексу, можна збагатити арсенал пошуку можливого об'ємно-просторового або глибино-просторового рішення креативними ідеями форм. Біотектонічний аналіз не можна назвати **комплексним**, але його **системні** підходи проявляються в усьому: формі, фактурі, кольорі. Дизайнер або архітектор може “запозичити” в прототипа живої природи і його біологічну форму, і морфологічну структуру, і принципи організації біологічних процесів, трансформуючи захисні й авторегулюючі властивості організму в притаманні штучному середовищу форми й конструкції.

Архітектор, художник, дизайнер може не звертатись на трьох основних проектних стадіях розробки до аналізу природних форм. Але цим самим він значно збіднить свій арсенал можливих рішень поставлених композиційних завдань. Функціональний метод проектування і його протореалістичні постулати на початку ХХ ст. суттєво звузили виразні засоби, якими у своїй роботі оперували зодчі модерну. Тоді багато відомих митців середини ХХ – початку ХХІ ст. звернулись до форм живої природи як до своєї “бібліотеки” форм і образів, структур і конструкцій. Приміром, у роботах багатьох відомих архітекторів і конструкторів сучасності віддалено прослідковуються аналогії з прототипами форм, “запозичених” у живої природи (С. Калатрава, К.Танге, Й. Отсон, О. Німейер, П. Солері, П.-Л. Нерві, Хадід, Ле Корбюзьє, О. Гері, Ф. Райт, Н. Фостер та багато інших).

Біоніка цікава для студентів творчих професій тим, що надає надзвичайно великий спектр вибору можливих форм, методів і структур (морфології), які можна трансформувати в нові об'єкти в процесі штучного формоутворення. Цей процес тим ефективніший, чим точніше будуть визначені й поставлені прикінцеві **завдання** проектування та відповідні **критерії** оцінки вибору найкращого остаточного варіанту. Проходження трьох основних стадій біонічного процесу формує у студента і зрілого архітектора усвідомлену потребу у постійному переосмисленні побаченого, аналізі простору, пошуку оригінальних точок перетину **принципів** формоутворення живої природи та особливостей штучного формоутворення. Часто такі особливості можуть мати різну природу, однак спільну (подібну) зовнішню форму. Наприклад, звичайна спіралеподібна форма будови присутня на макро-, мезо- й мікрорівні: розміщення на аркуші паперу металічних ошурок під дією магніту; спіраль Корню та спіраль Архімеда; спіральна галактика М51 в сузір'ї Гончих Псів; орографічна схема Антарктиди; верхня частина північної полярної “шапки” Марса (600 км в радіусі); місто Луервіль (Індія, 1970 р.) тощо (рис. 24, 56).

Основні принципи формоутворення опорних систем живого світу тісно пов'язані зі світом штучного формоутворення. Всі живі організми для того, щоб зберегти свої видові ознаки, повинні володіти **міцністю, жорсткістю та стійкістю**.

Архітектурні конструкції випробовують на собі однакові зусилля механічного впливу: *гравітаційне поле Землі; вітрові навантаження та сейсмічні умови; атмосферні впливи (дощ, град, сніг); атмосферний тиск*.

Навантаження можуть бути: *постійні та тимчасові; зосереджені й рівномірно розподілені; статичні й динамічні*. У живих організмах, як і в архітектурних конструкціях виникають такі ж деформації: *стиск; розтяг; різні форми вигину; крутіння*. Живі форми постійно пристосовуються до природних умов, постійно вносять в себе корективи й вдосконалюються в конструктивному відношенні, самовідновлюються та саморегулюються. **Функція й форма** в живій природі максимально зближені й оптимально відповідають умовам середовища, в якому вони функціонують.

Наприклад, принцип формоутворення висотних споруд “біотектон” визначає сутність біотектонічного комплексу як системи (що розвивається) та полягає в органічному взаємозв'язку через демпферуючі вузли всіх структурних елементів, що перебувають у таких просторово-тимчасових співвідношеннях, при яких зміни в одного з них спричиняє зміну не тільки інших, але всієї системи в цілому. Він може сприйматися як структурна одиниця великого міста майбутнього, міста XXI–XXII століття, що “амортизує” зовнішні впливи (рис. 44–49).

Використання **демпфера**, що розглядається як формотворний структурний елемент форми для сприйняття **сейсмічних впливів і гасіння коливань**, є обов'язковою умовою при проектуванні висотних споруд, що витримують

інтенсивні різнобічні сейсмічні впливи без істотних ушкоджень основних конструкцій. Експериментальні дослідження моделі демпфіруючих вузлів висотної споруди дали можливість осмислити сутність роботи системи, що демпфірує (амортизує), гасить коливання, у порівнянні з жорстко затисненою консоллю, простежити характер переміщень окремих елементів будинку, період загасання коливань, які спричиняються рухом самої споруди тощо. Таким чином, використовуючи природні принципи організації, просторового формування середовища та створення конкретного конструктивного елемента, матеріалів і технологій найближчого майбутнього, видається можливим комплексне рішення питань організації архітектурного середовища відповідно до екологічних принципів, норм проектування й містобудівної ситуації.

Контрольні питання

1. Чому оболонки є одним з найбільш розповсюджених прототипів, які запозичуються в архітектуру й дизайн?
2. Які особливості перенесення виявлених в живій природі закономірностей в дизайн і архітектуру?
3. У чому полягає головний принцип формоутворення висотних споруд?
Література: 31, 58, 59.

6. Конструктивно-тектонічні системи в живій природі й архітектурі

*Клітини є цеглинами, з яких
зводиться будівля рослин.
К. Тімірязєв*

Пружно-гнучкі властивості стеблових структур закладено в основу проєктної пропозиції **біотектона**. Вертикальні структури живої природи, зокрема стебла злаків, являють собою несучі просторові багатоярусні структури з телескопічним ефектом розширення форми донизу (рис. 52), які формуються за принципом вертикального зонування – зміни навантажень, функції й форми по вертикалі, структурно діляться вузлами на ряд міжвузлів, мають високий коефіцієнт стійкості, веретеноподібну форму, що відповідає тривимірності простору. Розміщені у вузлах пластичні коліноподібні, горизонтальні обручі за рахунок пружних деформацій, значно зменшують амплітуду коливань, тобто “гасять” бічні коливання та забезпечують амортизаційну здатність кожної частини стебел в цілому. Вузли стеблин злакових рослин (як біотектон та сучасні хмарочоси) є **демпфірувальними** вузлами, що заздалегідь пристосовані до різновекторних коливань і їх гасять (рис. 44. 52).

Використання виявлених природних принципів формоутворення відкриває можливості створення принципово нових пружногнучких вертикальних тектонічних структур з великим коефіцієнтом струнності, малою площею опирання – подібно **біотектону** і великим ступенем пом’якшення та “поглинання” бічних зусиль та коливань.

В основі проєктування тентових тектонічних структур (рис. 36) лежить принцип мінімальних поверхонь, тобто оптимізація відповідності їх форми, сил і маси. Принципи **мінімальної поверхні** прослідковуються на прикладі **самоутворення** мильних бульбашок, утворення форм яких не потребувало ні геометричних, ні математичних розрахунків (рис. 40). Подібна форма оболонки дуже часто використовується в сучасній архітектурі для перекриття великопрогонових зальних просторів (театрів, аеропортів, цирків, концертних залів тощо).

Роль конструктивних систем в архітектурі так само важлива, як і в живій природі та в створених нею кронах дерев, скелетах і панцирах живих організмів. Робота їх значно змінюється зі збільшенням навантажень на конструкції. Найчастіше природна форма як прототип, що застосовується в архітектурі, береться за основу та видозмінюється під впливом **законів** архітектури. Але вона змінюється не настільки, щоб не бути впізнаною глядачем, оскільки формування самої ідеї композиції розвивається по лінії **зовнішньої подібності**. Природна форма в архітектурі може поєднувати в собі різні види формальних ознак, наприклад, поєднання тектонічних ознак морської мушлі, чашечки квітки й штучно зігнутої за допомогою термічної обробки вінілової пластинки минулого століття (океанаріум у Валенсії (архітектор Ф. Кандела); ресторан готелю Сан-Хуан в м. Пуерто-Ріко тощо), і все-таки бути впізнаною (рис. 37).

Подібність природних форм з архітектурними конструкціями в біонічному процесі значною мірою визначається трьома можливостями: використанням конкретної природної форми (або форм), що задовольняють всі вимоги архітектури й коректуються лише технічними проблемами пропорційного збільшення, відтворення й моделювання; використанням **принципів** роботи будь-якої функції живого організму, а разом з ним – і визначеного принципу формоутворення цього організму; використанням загальних **законів** формоутворення, згідно з яким з віддаленням від функціональної відповідності нівелюється подібність з природними формами.

Надзвичайно велике значення у формоутворенні відіграє органічна архітектура, форма якої була від самого початку запозичена у живої природи (рис. 51). Вона проходить відповідні стадії творчої інженерної і конструктивної **трансформації**, модуляції, що повинні обов'язково враховувати особливості навантажень на проєктовану структуру. З приводу оцінки біотектонічних форм в архітектурі німецький архітектор Фрай Отто зазначив: “Обговорювати їх можливу красу та красивість – означає повертатись до обговорення краси природи” [66]. Італійський інженер П.-Л. Нерві зазначає “Профіль аروحного мосту прогоном понад 200 м повинен з абсолютною точністю співпадати з кривою тиску **постійних навантажень**. Будь-яка спроба відхилитись від неї на незначну величину зробить реалізацію даного проєкта неможливою. Ланцюгова лінія великого підвісного мосту є нерухомою і не може бути змінена у просторі і часі” [47].

Для живої природи притаманна загалом **виправданість** її форм. Будь-яка структура мушлі, панцира або черепа тварини на шляху свого становлення й остаточного “затвердження” (природного відбору) пройшла тисячолітній шлях еволюції. Найбільшого розповсюдження набули в природі прототипи оболонки (панцир черепахи, яйце), вантових конструкцій (павутина) та стержневих конструкцій (крони дерев, стебла злакових культур) тощо. Таким чином, великопрогонові, багатоповерхові споруди та оболонки є тією галуззю, в якій наявна величезна потенційна можливість перетворення природної краси конструкції (якщо вона красива) в красу споруди в цілому. Прикладами архітектурних і інженерно-конструктивних об'єктів з вертикальною композицією фасадів можуть бути пам'ятник III Інтернаціоналу архітектора В. Татліна, радіовежа В. Шухова в Москві, Ейфелева вежа в Парижі, а також з горизонтальною композицією – чисельні вирішення покриттів над стадіонами, ангарами, виставками, ТРК, плавальними басейнами, цирками, боксерськими рингами, хокейними аренами та іншими зальними утвореннями, що перебиваються оболонкоподібними біонічними структурами та пневматичними оболонками [66].

Втілення характерних рис знайомого нам цілком визначеного виду живого організму (прототипу біоструктури) у творах архітектури, дизайну й мистецтва відбувається лише у двох випадках: коли ця форма за щасливим збігом обставин **відповідає** всім **вимогам**, що висувуються архітектурою, або коли природна форма використовується виключно **формально** (що навіть протирічить законам архітектурної біоніки), але задовольняє мінімальні вимоги до споруди.

Конструкція не може бути гарною, якщо вона погано **виконує** свої конструктивні та механічні функції, тобто вона повинна бути технічно досконалою, міцною, в ній мають бути максимально використані позитивні якості матеріалу, що її формує і з якого її виготовлено, та всі найновіші досягнення науки, техніки та інженерних розрахунків. Конструкція повинна бути **легкою**, при цьому – **міцною і стійкою**. Її коефіцієнт конструктивної якості (відношення несучої здатності до об'ємної ваги матеріалу) повинен відповідати властивостям міцності матеріалу. Раціональність інженерного вирішення, високий ступінь технологічності, вірне використання матеріалу необхідні умови формування поняття **краси** конструкції та високих художніх якостей архітектурних споруд і комплексів (рис. 50–51).

Для живої природи притаманна в цілому виправданість її форм. Природа використовує свій “будівельний” матеріал дуже економно. В процесі **трансформації** живого **прототипу** в архітектуру та ергодизайн вимога **гармонізації** може поєднувати в собі інженерні розрахунки і пошук художнього образу (**цілісність** композиції в гармонійному поєднанні) всієї композиції в цілому. Жива природа “сама” **гармонізує** себе на основі самоутворення й авторегуляції. Так і сучасне місто зароджується, розвивається, гине (частково або повністю) або трансформується в нові екосистеми. В історії відоме поняття “міграції” міст, цивілізацій і цілих континентів, причини розвитку й занепаду яких неможливо пояснити навіть з точки зору сучасної науки [11, 12].

Закони гармонії живої природи, що використовуються в архітектурі, роблять значний внесок в процес формоутворення як мистецтва. Це включає закономірності побудови форми: гармонійний сумарний абрис-контур як система просторової об'єднавчої організації, узгодження масштабів, співвідпорядкованість елементів композиції, цілісність композиції і стильова єдність елементів та деталей фасаду, симетрія, пропорції, ритм (метр), рівновага тощо.

Проводячи детальний аналіз подібних архітектурних об'єктів і їх природних прототипів можна виявити характеристики, що властиві формам живої природи й архітектури та відмінності геометричних форм, побудованих на основі аналітичних розрахунків, від біологічних конструкцій: логічність форми; досконалість, витонченість ліній форми й сумарного абрис-контур композиції; легкість (іноді візуальна) і просторовість форми, що змінюється у трьох напрямках; криволінійність її абрисів; “живість” ліній, що проявляється в різноманітті її характеристик; плавність ліній (близька до природної) і одночасно їх простота; стильова єдність і одноманітність в поєднанні з різноманіттям, і всі ці ознаки повинні діяти в єдиній системі й одночасно [37, с. 107].

Загальна характеристика опорних систем живого світу базується на їх класифікації. Диференційовані структури й стільникові системи. передбачають біологічну класифікацію опорних систем живої природи: **в рослинному світі** – стебло, стовбур дерева, коріння, гілки, нервюри листка, каркаси з механічних тканин і судин та інше (рис. 52); **у тваринному світі: панцири** – скелети (кістяки) (рис. 53), розташовані відносно тіла тварин зовні – це екзоскелети (молоски, ракоподібні, членистоногі тощо); панцири у вигляді піскул, тобто стрижнів, які пронизують тіло тварин (губки) та інші; **ендоскелет** (внутрішній скелет) – цей

скелет мають вищі хребетні тварини (рис. 22), Вони відносяться до самих великих тварин світу, бо ендоскелет не заважає росту організму тварин, як це має місце у екзоскелетних (моллюски). Інколи кілька відмінних видів опорних систем (ОС) поєднуються в одному організмі, а інколи подібні ОС можливо виявити в різних організмах: **панцири та внутрішні скелети** мають черепахи та броненосці; – **панцир та голки (піскули)** мають морські їжаки та наземні їжаки (внутрішній скелет та голки) тощо.

Існують **безопорні системи**. Вони стосуються організмів, які постійно змінюють свою форму за невеликі проміжки часу (медуза, амеба, яка покрита зовні тільки плазматичною мембраною). Такі живі форми цікаві для дослідження з кліматично-екологічної точки зору, або як вантові та пневматичні системи, ідеї яких можуть використовуватись у динамічній архітектурі (рис. 38, 51, 53).

Дослідження опорних систем живого світу та існуюча систематика архітектурних конструкцій дозволяють розглядати конструктивно-тектонічні (системи) форми живої природи в такому порядку – “**пласкі системи**” до яких можна віднести конструктивні форми типу колон, балок, плит, рам, ферм та інше. Але як в архітектурі, так і в живій природі всі системи й форми є **просторовими**. Поняття “*пласка система*” відносно і введене лише тому, що це дає можливість розраховувати такі системи шляхом морфологічного розподілу їх на площинні елементи (об’ємні й пласкі, несучі й самонесучі, вертикальні й горизонтальні). доречно буде першу групу назвати просторовими системами першого порядку. До системи другого порядку входять **криволінійно-просторові форми**. Це просторові системи, які мають прототипи серед архітектурних конструкцій: *перехресні системи; криволінійні системи; решітчасті поверхні; сітчасті поверхні; гладкі оболонки-шкаралупи, складки* тощо (рис. 40, 42). Аерогідростатичні системи: *вантові; стрижне-вантові; палаточні*. Ці конструктивні системи мають меншу жорсткість, ніж попередні й працюють з точки зору будівельної механіки переважно на розтяг (рис. 36), які являють собою складні комплексні системи та мають конструктивні форми найвищого порядку. Для таких систем важко знайти аналогію в архітектурі. Класифікація конструктивних форм в живій природі лише за ознаками зовнішньої чистої геометрії не є достатньою з точки зору розуміння функції та тектоніки форми, а інколи майже неможливою. Необхідно також розпізнавати морфологію, видимі й приховані “**внутрішні конструктивні структури**”, які дають можливість зрозуміти ще глибшу диференціацію зовнішньої форми та її морфології (рис. 55).

При аналізі внутрішньої побудови (**їх анатомії**) пласкі видимі системи, або системи першого порядку, можуть проявитися в більш складному вигляді й виявити новий характер. “Анатомічний” аналіз структур може наближатися аж до молекул і атомів. Разом з тим анатомічні структури можна розглядати як самотійні й вони можуть стати прообразами архітектурних конструкцій. За “анатомічною” термінологією для зручності можна виділити (рис. 56):

- **макроструктури** – зовнішні, видимі конструктивні форми й структури;
- **мезоструктури** – анатомічні, внутрішні, які можна розгледіти простим оком або при невеликому збільшенні;
- **мікроструктури** – анатомічні, молекулярні, ДНК, на клітинному рівні (і менше).

В останні десятиліття світ став свідком появи в архітектурі незвичних архітектурних форм будівель, що запозичені з природи. І вже сьогодні більшість критиків та аналітиків прогнозують майбутній розвиток архітектури з широким використанням біотектонічних конструкцій. Теоретичні аспекти біонічного проектування висотних будівель та приклади з будівництва таких об'єктів обговорюються та аналізуються в публікаціях сучасних видань з будівництва й архітектури. Серед іншого є питання використання природних форм для подолання вітрових навантажень конструкціями висотних будівель [8, 12, 13, 20].

Висотні будівлі зазнають значних додаткових горизонтальних силових навантажень від вітру, які викликають коливання будівлі й до погашення яких жорстка конструктивна система пристосована не найкращим чином. На сьогодні триває пошук шляхів для подолання обмежень та недоліків, що характерні для жорстких конструктивних систем при збільшенні висоти будівель. Приміром, в архітектурній біоніці науково обґрунтовується гіпотеза про більш раціональний розвиток висотних просторових структур з використанням запозичених з природи вертикально розвинених конструктивних форм, які мають здатність оптимально долати динамічні навантаження вітру (рис. 45, 46, 52).

Жива природа та архітектура розвиваються в однакових біофізичних умовах та підпорядковуються законам гравітації, статички, інерції, термодинаміки (рис. 58). Їх форми обумовлені температурно-вологісними впливами, режимом інсоляції, циклічністю метеорологічних явищ тощо. Тому дослідження щодо використання при проектуванні природних аналогів з урахуванням пропорцій людини є шляхом вирішення нагальних задач висотного будівництва. Саме цими питаннями займається “біонічна архітектура”. Аналізуючи принципи конструювання, на яких побудовані вертикальні утворення живої природи, визначаються прийоми для подолання конструкціями висотних будівель значних динамічних вітрових навантажень (рис. 52).

Стебла злаків – це своєрідні багатоярусні структури, які формуються за принципом вертикального зонування. Морфологічно стебло поділяється на ряд міжвузлів, що мають веретеноподібну форму, яка відповідає трьохвимірності простору, зменшує горизонтальний прогин та надає стеблу амортизаційну, відновлювальну здатність при відхиленнях його від положення стійкої рівноваги. Важливим також для обмеження коливальних рухів стебла є гнучкий вузол-демпфер, який з'єднує частини стебла та має динамічну амортизаційну систему за принципом роботи “Біотектона”.

У природі для набуття більшої стійкості такі утворення як стовбури дерев, стебла рослин, опірні кістки скелетів ускладнюють свою форму за рахунок закручення поперечного перерізу. Слід відзначити, що саме спіральна конфігурація є фундаментальною серед природних систем на різних рівнях організації від біомакромолекул до галактик (рис. 45, 56). Спіралеподібна поверхня краще пристосована до подолання вітрових навантажень – вітер неначе зісковзує по її вигинах, знижуючи силу свого впливу, ніби зісковзуючи на криволінійну площину фасаду будівлі.

Сучасні інженери-проектувальники вирішили зменшити “ефект парасолі”, тобто за рахунок перенаправлення потоків вітру по спіралі вздовж утворюваних конструкціями каналів сила впливу вітру значно зменшиться. Це надасть будівлі додаткову стійкість при значних вітрових коливаннях. Слід відзначити, що дослідження принципів побудови вертикальних природних форм у біоніці може йти в різних напрямках. Наприклад, пошук може бути пов’язаний з визначенням причин стійкості вертикально орієнтованих рослин відповідно до:

- різного в поперечному перерізі окреслення зрізу рослин – це коло, овал, зіркоподібні, опуклі чи багатогранні форми;
- різні за текстурою поверхні рослини, яка може бути – гладкою, гранчастою, з канелюрами, з повздовжніми ребрами жорсткості;
- різної форми стебла рослин чи стовбурів дерев в поздовжньому напрямі – це циліндрична форма, кеглеподібна, параболічна, веретеноподібна, тощо.

Пошук форм висотних будівель триває у різних суміжних напрямках на основі аналізу природних форм. Плани поверхів будівлі у вигляді сніжинок у поперечному перерізі, дозволяють утворити аеродинамічну та динамічну структуру стійкої будівлі, а також вирішують проблему оптимального розподілу сонячної енергії з урахуванням енергозберігаючих технологій, ефективної інсоляції приміщень та наскрізного провітрювання (рис. 47, 48).

Отже, подальша раціоналізація конструкцій та тектонічних форм висотних будівель для подолання критичних вітрових навантажень може бути пов’язана із вивченням аналогічних систем живої природи. Щоб будувати вище, необхідно використовувати традиційні ідеї живої природи та нові конструктивні прийоми. Можливість оперувати формою для покращення інженерних властивостей конструкцій та пошук тектоніки конструктивної форми – дуже важливе завдання в сучасній архітектурі, аркології, технічній естетиці та висотному будівництві.

Функція і форма також взаємопов’язані між собою, як і матеріал та конструкція. У живій природі вони мають таку ж аналогію своєї роботи, як і в архітектурі та інших видах штучного формоутворення. Різниця полягає лише в масштабності та силі навантажень. Саме на подібності роботи природних та штучних моделей і засновано принцип розробки експериментальних модулів (макетів у зменшеному масштабі), які випробовують на критичний поріг можливих навантажень в спеціальних дослідних лабораторіях. Вчених цікавить які навантаження й сили можуть витримати такі макети-зразки та об’ємно-просторові моделі (рис. 105–107).

Подібні моделі можуть проходити шлях від невеликих макетів до створення діючих зменшених моделей проєктованого об’єкта, що демонструють у повному обсязі його якості та проєкту механічну роботу. Такі моделі можуть бути як рухомими (трактор, козловий кран, транспортер), так і стаціонарними (міст, ангар, виставковий центр, торговельно-розважальний комплекс, туристично-готельний центр тощо).

Найбільш цікавим є взаємозв’язок матеріалу та функції. В природі різні функції задовольняють різні матеріали. Приміром, захисну функцію живих організмів виконує звичайна шкіра, а в будівлі – стіна або перегородка; несучу функцію живого організму виконує скелет, ендоскелет, а в будівлі або споруді –

каркас будівлі (колони, пілони, стінова конструкція) тощо. Подібні аналогії досить цікаві й корисні для інженера-конструктора та для дизайнера. Вони дозволяють створити зменшену модель майбутнього проекту або її довільної інсталяції в матеріалі. У біоніці дуже важливим є безпосереднє спостереження й аналіз об'єкту-прототипу з метою виявлення в його організації специфічних та узагальнюючих рис у порівнянні з проєктованим штучним об'єктом, що віддалено нагадує його форму. Можна привести досить багато прикладів подібних аналогій: цибулина нагадує бані православного храму, мурашник – пірамідальне перекриття атріуму, апельсин або краплина води на поверхні – звичайні куполи подвійної кривизни, що перекривають великі зальні простори (рис. 1, 50, 55) тощо.

Природа вражає своїм різноманіттям ідей, образів, конструкцій та об'ємних композицій, а в основі більшості наукових досліджень та відкриттів лежать всебічні спостереження, розвинута увага, творчий підхід митця і, як результат – оригінальні, нетрадиційні об'ємно-просторові рішення. Багато природних інсталяцій підказали вченим безліч нових архітектурно-конструктивних систем: стінові, панельні, каркасно-панельні, каркасно-безригельні, монолітні, збірно-монолітні, об'ємно-блочні, дерев'яні, комбіновані, універсальні, оболонки та складки тощо. Подібні індустріальні конструктивні системи згідно з аналогами та прийомами живої природи організовані за такими принципами: за статичною роботою (площинні, просторові); за принципом типізації (закриті, змішані, відкриті); за ступенем однорідності (з однорідного матеріалу, змішані); за принципом об'ємного формоутворення (на основі структур: прямокутних, криволінійних, точкових, змішаних, лінійних); за принципом застосованої планувальної сітки (прямокутної, трикутної, радіально-кільцевої, складної (змішаної), універсальної – з можливістю подальшої трансформації та модернізації) тощо. І в живій природі і в зодчестві є системи прості й складні. Так, одноклітинні організми можуть слугувати своєрідними прототипами малих архітектурних форм, а багатоклітинні – прообразами складних розгалужених комплексів зі зблокованими елементами: малопрогоновими (зальними структурами); універсальними (змішаними) тощо. На порівнянні, у варіативному виборі оптимального рішення та аналогіях засновано практично всю інженерну роботу з трансформації форми, що передре процесу комплексного біотектонічного моделювання (рис. 54).

Зміст біотектонічного моделювання практично зводиться до вивчення та виявлення можливих шляхів і методів трансформації модуляції функції) і форми в архітектурі та дизайні. Однак необхідно пам'ятати про роботу окремих конструкцій. Сучасний рівень розвитку науки і техніки не дозволяє застосовувати природні матеріали та конструкції, пропорційно переносячи їх в дизайн та архітектуру. Наприклад, ні віск, ні павутина (роботою яких ми захоплюємося в живій природі) не можуть бути застосовані в оздобленні ювелірних виробів або у виготовленні великопрогонових вантових конструкцій мостів, бо відразу розплавляться або зруйнуються. Саме тому, інженери-дослідники постійно шукають ефективну заміну природним матеріалам і конструкціям, при переході від однієї форми до іншої.

В зодчестві такими традиційними матеріалами можуть бути: деревина, природний і штучний камінь, залізо, залізобетон, залізні канати вантових конструкцій та матеріали, які не витримують конструктивних навантажень: лицювальна цегла, керамічна плитка, фанера, скло, пластмаса, металопластик тощо.

Ми вже знаємо коротке визначення тектоніки, що презентує художнє ви-явлення роботи матеріалів в різних конструктивних системах. Тобто, в даному сенсі розглядаються три основні категорії, які взаємопов'язані між собою такою концепцією: як організувати роботу даного матеріалу саме в цій конструктивній системі, щоб вона була привабливою та зручною в експлуатації (тобто відповідала передбачуваній функції). Процес біотектонічного моделювання значно ускладнює проектну роботу, оскільки інженер-дослідник повинен комплексно розглянути спочатку природну систему, потім штучну, а вже потім на основі цього аналізу виявити ті особливості прототипу, які цілком можливо буде запозичити в нову створювану форму (функцію, матеріал, конструкції, морфологічні особливості) тощо.

Отже, можна сказати, що концепція інженера-дослідника та конструктора в процесі біотектонічного моделювання зводиться до складного шляху “від **функції, форми й роботи матеріалів** в живій природі до пошуку **функції, форми та об'ємних конструкцій** у штучному формоутворенні”. Такий шлях є абсолютно творчим процесом, бо передбачає постійний варіативний пошук і відбір найкращих моделей практично на всіх можливих стадіях пошукового проектування: клаузура, ескіз, ескіз-ідея, форпроект, робочі креслення тощо. Навіть на остаточній стадії оформлення проектної документації в результаті біотектонічного моделювання можуть виникати питання, які дозволяють частково корегувати остаточне рішення, покладаючись на виявлені нові особливості роботи матеріалу, конструкцій та конструктивних систем.

Архітектурна біоніка має справу з системами, які дуже різняться за розмірами і масою, починаючи від мікроскопічних до гігантських (наприклад велетенських секвой висотою до 100 м і вище). Фізичні явища в мікросвіті підпорядковуються дещо іншим законам ніж явища в світі великих масштабів. Теорія гравітації відповіді на ці питання не дає. Це значно ускладнює і конструювання і моделювання нових форм, що відрізняються від прототипів. У такій ситуації допоможе лише логіка відомих конструктивних форм, яка є основою для екстраполяції процесів великих величин на малі, а також інтуїція дослідника (проектувальника), що допомагає трансформувати загальну форму й композицію (рис. 55–57).

Архітектура – будинки, споруди, малі архітектурні форми можуть мати свою “живу форму” залежно від впливів зовнішнього середовища й можливостей протидії негативним впливам цього середовища. Архітектурні форми й структура опорних систем будуть різні на землі, в морських глибинах і в космосі, оскільки на них здійснюється різний вплив і різні навантаження, притаманні для відмінних один від одного середовищ.

Контрольні питання

1. Яка роль пропорціонування у формуванні й гармонізації архітектури сучасних хмарочосів?
2. Надайте коротку характеристику найбільш розповсюджених складних опорних систем живого світу.
3. Які принципи організації біотектона використовуються в сучасному висотному будівництві?

Література: 6, 33, 40, 64.

7. Вплив природно-кліматичних умов на формоутворення в архітектурній біоніці

Природно-кліматичні умови й середовище, в якому проектується об'єкт, відіграють одну з найважливіших ролей в його формоутворенні. Наприклад, **авторегулюючі** властивості живих організмів проявляються, насамперед, в їх реакції на природно-кліматичні умови, час доби й пори року, а також – рефлексії на місцеві умови їх існування. Звичайна квітка вранці розкриває свої пелюстки й повертається “обличчям” – квіткою до сонця, проводжаючи його до вечора впродовж усього дня, а потім знову закривається на ніч у своєрідну “чашечку”, утворювану її ж пелюстками. Це сприяє кращому засвоєнню сонячної енергії під час фотосинтезу та її акумулюванню вдень в стеблах і листі рослини. У назвах деяких квіток навіть присутня назва “сонця”, як, наприклад, “**соняшник**” або “**подсолнух**” (російською). Завдяки сучасним комп'ютерним технологіям і сенсорним системам, будинки й комплекси майбутнього можуть “реагувати” на стан погоди, кліматичні умови, пори року й час доби, утворюючи так звану динамічну архітектуру, яка “закривається”, коли йдуть опади, і навпаки – “розкривається”, коли на дворі комфортна й сонячна погода (система “розумний будинок”). Сучасні технології дають змогу реалізувати багато різних ідей, які раніше здавались неймовірними. Так, великі спортивні стадіони або тенісні корти з глядацькими місцями в сонячну погоду можуть бути повністю відкриті сонячним променям, а під час опадів (дощу, снігу, граду) “закриватимуться” відповідними штучними покриттями, щоб захистити спортсменів і глядачів від негоди (рис. 44). Подібні новації можливі завдяки сучасним технологіям, коли інформація із сенсорів надходить до системного блоку й центральний комп'ютер “віддає” потрібний “наказ” системі накриття. Часто подібні конструкції несуть на собі й естетичне навантаження, підсилюючи виразність архітектурного задуму, ідейно-художнього образу будівлі, динамічність споруди або архітектурного ансамблю (рис. 56, 57).

Природно-кліматичний аспект біотектонічного моделювання включає в систему аналізу такі групи факторів, що впливають на подальше штучне формоутворення в дизайні та архітектурі: **погодні** умови (переважаючи в певній місцевості); **інсоляція** (і залежні від неї освітлення приміщень та їх сонцезахист); **температура** й температурний режим; **вологість** (низька, нормальна, підвищена); особливості **середовища** (земля, підземний простір, вода, повітря) тощо. Кліматичний аспект вивчає реакції природних прототипів (їх форм) і процесів на особливості клімату (інсоляцію, вологість, вітровий режим, ландшафт), що притаманні саме для цих територій, з можливим подальшим використанням результатів аналізу в прикладному проектуванні в ергодизайні та в архітектурі (рис. 51).

Врахування **середовищної** складової біотектонічного моделювання передбачає звернення до природних аналогів і прототипів, зовнішня форма й фізіологічні особливості яких формувались під впливом того або іншого конкретного середовища. Схема дослідження й аналізу форми й морфології обраного об'єкта передбачає три стадії; “форма прототипу – форма штучного об'єкта в цьому середовищі – форма проєктованого об'єкта”. Наприклад: середовище **земля** (мурашник – єгипетська піраміда – сучасний торговий центр пірамідальної

форми); середовище **вода** (дельфін – підводний човен – парусне судно – будівля річкового вокзалу або морського порту); середовище **повітря** (птаха в польоті – форма літака – форма сучасного аеровокзалу) тощо (рис. 50). Ефективність подібного дослідження в поєднанні з аналізом самої **форми**, притаманної прототипу, що існує в обраному середовищі, проявляється в поєднанні особливостей **динаміки** (гідродинаміки, аеродинаміки) з особливостями сприйняття навантажень і роботи конструкції в архітектурній **статичі** (рис. 53). Так, обтічна форма тіл річкових і морських мешканців (риб) стала своєрідною “підказкою” для інженерів та конструкторів – використовувати цю обтічну форму у вирішенні планів опор (пілонів) мостів в місцинах зі стрімкою течією річок під час весняних паводків. Опори мостів подібної форми дозволяють зменшити навантаження на них від бурхливого потоку води в декілька разів, а отже – і збільшити термін їх функціонування в особливих умовах на десятки років.

У вивченні предмету “Біоніка” можна виділити два напрями кліматичного аспекту: вивчення **захисних** властивостей покривних тканин шкіри при ізоляції організмів від несприятливих умов навколишнього середовища (використовується в теплопоглинаючому склі); вивчення **авторегулюючих** властивостей живої природи залежно від інсоляції, температури, вологості, орієнтації та реакції природних форм на зміни клімату. Саме завдяки подібним дослідженням виникли такі терміни в будівництві як: “тепла” підлога, “дихаючий” фасад, “розумний” будинок, утеплення зовнішніх стін, “зелена” архітектура, терасні будівлі на рельєфі, “теплопоглинаюче” скло, сонцезахист, пневмоспороди тощо.

Перший напрям кліматичного аспекту архітектурної біоніки – це вивчення вражаючої властивості покривних тканин, в яких вирішена проблема поєднання функції **ізоляції** й захисту живого організму від зовнішніх несприятливих умов та одночасного контакту із зовнішнім середовищем, що використовується в “дихаючих” фасадах. Ця властивість живої тканини вдало використовується, наприклад, в порожнинній керамічній цеглі, яка широко застосовується в сучасних будівлях та дозволяє економити до 20 відсотків матеріалу, а також в теплопоглинаючому віконному склі, яке забезпечує проходження сонячного світла, візуальну прозорість, однак не пропускає в приміщення надмірне тепло влітку. Цікавою виявилась пропозиція використовувати фізичні властивості повітря як теплоізолятора в пневматичних оболонкових конструкціях. Знаходячись у товщі огороджувальних конструкцій пневматичних оболонок, кисень під дією тепла, що надходить від сонця, нагрівається та розширюється, збільшуючи теплозахисні параметри поверхні споруди (рис. 38, 53).

Другий значний напрям кліматичної біоніки складає вивчення **самоутворюючих** і **авторегулюючих** властивостей живої природи залежно від дії сонячної енергії, температури, вологості тощо. Таким чином, за допомогою сучасних передових технологій і комп’ютерних систем, цілком можливо створити будинок, споруду або цілий комплекс, який буде реагувати на зміни погоди, передавати інформацію на центральний комп’ютер і далі – на периферійні системи (покрівлю, стіни, підлогу), що функціонують в “розумному будинку”. Окрім того, відкриваються широкі перспективи для розробки й створення **динамічної** архітектури зі **зворотними** (відновлювальними) змінами форми, що

здійснює регуляцію та підтримання **оптимального мікроклімату** приміщень (регульовані елементи сонцезахисту, штучне покриття стадіонів, регулювання температури й вологості в приміщенні, штучна вентиляція і зволоження тощо). На цій основі була виконана проектна пропозиція басейна з трампліном для стрибків у воду до Олімпіади-80 у м. Москві, яка дозволила регулювати місткість трибун за рахунок їх **динаміки** (зміни кількості глядацьких місць).

Синтезуючи енергію природи й архітектури (тобто об'єднуючи їх), біонічне моделювання вносить **кінетичну** якість в **статичне** існування архітектури – архітектура стає **динамічною**. Завдяки передовим комп'ютерним технологіям неодухотворена (позбавлена життя) матерія об'єкта починає пульсувати життям біологічного організму (рослини, живої тварини, людини тощо), який існує завдяки сонцю й процесу фотосинтезу в природі (рис. 51, 57). Динамічна архітектура задовольняє вимоги комфортності та зручності до проєктованого середовища, розумові й фізичні потреби окремої людини з її мікрокосмосом, відкривають для неї простори всесвіту, макрокосмос сузір'їв та сонячної системи, логіку зміни ночі й дня, зливають людину з природою. Архітектура стає доступною й пристосованою до індивідуальних запитів її споживачів. Наприклад, павільйон Голівуда (США) подібно квітці ламели реагує на навколишнє середовище. Покрівля на зразок пелюсток квітки автоматично піднімається й опускається залежно від кліматичних умов і стану погоди. Собор Св. Петра в м. Спліт своєю динамічно організованою конструкцією вирішує завдання не кліматичної регуляції внутрішнього середовища, а визначає і встановлює в процесі культового дійства зв'язок людини з космосом. Глибокий зміст закладено в динаміку архітектурних форм, що ніби людські руки в молитві спрямовано до неба, до верховної Небесної сили, до Бога.

Перспективним напрямом в дослідженні природних форм є виявлення властивостей **самоутворення** мінімальних поверхонь, що широко використовується в проєктуванні й будівництві. Принцип **мінімальних поверхонь** найкраще розкривається на прикладі мильних бульбашок або краплини роси на поверхні рослини. Форма їх поверхонь утворюється в даному контурі за законами фізики та гравітації. У цьому випадку можна говорити про **самоутворюючий процес** народження форми, який не вимагає додатково ні геометричних, ні математичних, ані антропометричних розрахунків (рис. 58).

Варіації форм мінімальних поверхонь у живій природі майже безмежні. Однак не всі мінімальні поверхні задовольняють вимогам до тентових конструкцій. В основі проєктування тентових тектонічних структур лежить принцип **мінімальних поверхонь**, тобто принцип **оптимізації** відповідності їх **функції й форми, сил і маси, зручності й міцності**. Великі можливості тентових структур прекрасно ілюструє покриття Олімпійського стадіону в Мюнхені (Німеччина, 1972 р.) або Олімпійського комплексу Йоґі в Японії (К. Танґе, 1964 р., рис. 111 знизу) у вигляді велетенських морських мушлів. Покриття стадіону в Мюнхені складається з 9 тентів сідлоподібної форми – оболонки подвійної кривизни (на основі гіпара), виготовлених з дровових канатів, підвішених до своєрідних щогл і зафіксованих в землі (рис. 36). Споруда була нещодавно реконструйована.

Щогли складають первинну основу, що підтримує захисну мембрану зі світлої прозорої синтетичної тканини над стадіоном і глядацькими місцями. Архітектори поставили перед собою завдання забезпечити міцність та поєднати всі споруди стадіону в один спільний єдиний комплекс, захистивши людей від негоди, і успішно з ним впорались. Тентові покриття не тільки естетично привабливі, але й захищають глядацькі трибуни, плавальний басейн, стадіон легкої атлетики й площу головного входу.

Напруження в клітинах і тканинах, викликане тиском клітинного соку і протоплазми, можна віднести до **гідростатичного** тиску. Окрім тиску, від дії внутрішньої рідини, в клітинах може виникати тиск, що утворюється газоподібними речовинами. Його називають аеростатичним тиском. Як гідростатика, так і аеростатика набувають все більшого значення в архітектурі та будівництві. На їх основі проектуються й будуються так звані **пневматичні** (та **гідростатичні**) конструкції, бо не знайдеться жодної галузі народного господарства, в якій не використовувалися б подібні споруди. Вони досить практичні, раціональні й економічні. На основі пневматичних споруд зводяться виставкові комплекси, павільйони, спортивні споруди, ресторани, цирку, кафе, промислові підприємства, туристичні бази у високогірних районах, зерносховища, газгольдери, ангари тощо (рис. 36, 53).

Кліматичний аспект архітектурної біоніки гармонійно доповнює третя складова – **естетичний** взаємозв'язок природної й архітектурної форми. У цьому разі не можна не враховувати сформовані тисячоліттями негативні емоції людини, відразу відносно окремих природних форм. Так, наприклад, як нерационально облаштовані структури зовнішніх форм змії, жаби, восьминога, дощового черв'яка, гусені – вони, натуралізовані (перенесені в пропорціях прототипів) в архітектурні форми, не викликають позитивних естетичних емоцій. Об'єкт, натуралізовано імітуючи подібність вищенаведених прототипів живої природи, не приваблює, а навпаки – відштовхує, навіть коли максимально відповідає функціональним і технічним вимогам. Раціональне поєднання функції й форми найкращим чином демонструє надувна конструкція Ф.Отто, пневматичних конструкцій виставкового центру павільйону фірми “Крупн” в Німеччині та ін. (рис. 38). Таким чином, ми коротко розглянули теоретичну й практичну складову трьох основних аспектів розвитку й взаємозв'язку принципів природного та архітектурного формоутворення, що надають студентам уявлення про мету й завдання, які висуває перед собою й успішно вирішує архітектурна біоніка в дизайні екстер'єру (рис. 57) та в дизайні інтер'єру (рис. 64, 65).

Контрольні питання

1. У чому проявляється вплив природно-кліматичних умов на архітектурну й технічну біоніку?
2. Як пов'язані між собою процес самоутворення в живій природі та явище мінімальних поверхонь у “народженні” природних форм?
3. Проведіть аналогії процесів авторегуляції в природі й архітектурі.

Література: 5, 10, 39, 55.

8. Колір у біоніці й архітектурі

Колір як один з важливих компонентів середовища існування людини в проектній практиці організовується відповідно до конкретних умов та з урахуванням психофізіології, психології та естетики. Завдання, що вирішуються за допомогою кольору в дизайні та архітектурі трансформуються із **захисних і попереджувальних** в живій природі та об'єднуються в дизайні в такі три групи: колір як фактор **психофізичного** комфорту; колір як фактор **емоційно-естетичного** впливу; колір в системі засобів візуальної **інформації** (інформаційного поля). Завдяки вирішенню цих завдань і вірно підібраній кольоровій композиції досягається оптимальна композиція форми й простору та кольорова гармонія, оптимальний режим життєдіяльності системи “людина – середовище” [54, с. 43].

Значення кольору в живій природі і в житті людини дуже велике. Якщо в штучному середовищі кольору відводиться роль естетичної складової в презентації різних творчих ідей, то природа як першоджерело всіх формотворчих процесів, надає кольору декілька дуже важливих функцій. Водночас важко сказати чи є естетична складова в природному ландшафті або в захисному кольорі хутра диких тварин, бо відразу постає питання – а хто оцінював цю красу фарб і довершеність форм, коли створював їх? Але хто б не “облаштував” нашу планету і не заселив її живими організмами, людям залишається лише захоплюватись неперевершеною досконалістю всього живого й неживого на Землі. Попри це, можна виділити три основні функції, які відводяться кольору в живій природі: **захист** (дозволяє живим організмам і тваринам переховуватись від хижаків і людей – хамелеони, косулі, метелики, риби, дикі свині та ін.); **попередження** (пересторога для людей і більших тварин про небезпеку від можливого контакту – медузи, електричні скати, скорпіони, раки, отруйні змії та деякі рослини); **маскувальна** функція (допомагає більшості хижаків (в т.ч. і ссавців) у процесі полювання на здобич – сріблясті акули, вовки, тигри, леви, рисі, крокодили, ведмеді, павуки тощо). Саме захист, попередження та маскування – це основні функції кольору в живій природі. Наприклад, хамелеон – єдиний серед ящірок, який здатний змінювати колір, набувати різноманітного забарвлення шкіри, яке робить його найбільш непомітним саме в даному навколишньому середовищі (рис. 61).

Дуже багато видів комах і тварин найкращим чином пристосувались до навколишнього середовища. Так, метелики завдяки своїй малій вазі й унікальній конфігурації крилець легко рухаються з квітки на квітку. Неповторні малюнки на крильцях метеликів у більшості випадків відлякують хижаків, оскільки нагадують (асоціюються в їх уяві) за яскравим розфарбуванням, наприклад, з оком ще більшого хижака – дикої кішки або сови, що покликано відлякати нападників. Подібні малюнки на крилах, черевцях та лапках більшості комах і тварин – результат жорсткого тисячолітнього природного відбору, який

пройшли окремі їх види, дозволивши вижити в досить непростих кліматичних умовах та особливостях змінного природного середовища, яке вимагає системної адаптації організму (рис. 62, 63).

У діяльності архітектора та дизайнера колір є дуже важливим інструментом в тріаді: **форма, фактура, колір**. Можна досягти надзвичайного ефекту й виразності об'ємно-просторової композиції, поєднавши форму, фактуру та колір з такими засобами архітектурної композиції як: ритм та метр, симетрія та асиметрія, нюанс і контраст, тектонічність, пропорційність, супідрядність, співмасштабність та синтез мистецтв. Як і за допомогою фактури та форми, кольором можна передати ритмометричні закономірності та нюансні співвідношення даної форми (рис 21–24а). Уявіть собі дві абстрактні композиції, одна з яких має в своєму складі набір елементів нюансної форми, а інша, навпаки, має в своєму складі один-два контрастно домінуючих елементи, що є виразними акцентами даної композиції. Але для глядача, загальну презентацію обох цих різних композицій можна збагатити окрім графічної ще й кольоровою подачею. Так, **нюансна** композиція може бути виконана в нюансних спокійних тонах, що тільки підтримує загальний задум автора, а контрастна композиція потребуватиме відповідно контрастної гами кольорів, що покликано підкреслити домінування одних елементів цієї інсталяції над іншими й зробити її ще більш яскравою і виразною. Світлими тонами можна зробити приміщення більш легким, а темними – збільшити його масивність, поєднуючи колір з горизонтальними й вертикальними членуваннями приміщень, можна композиційними засобами **регулювати** ілюзорність перетікаючого простору (рис. 64, 65), його глибину, висоту тощо. Вертикальними членуваннями внутрішнього простору можна візуально “збільшити” висоту приміщення, а горизонтальними членуваннями дизайнер має змогу подовжити глибину приміщення. Так, майстри пізньої європейської готики частими вертикальними й горизонтальними членуваннями як засобами композиції, домагались ефекту неймовірної висоти й глибини інтер'єру приміщення храмових споруд.

Для сучасного виробничого середовища в класифікації факторів і завдань можна виділити такі підгрупи, що визначають вплив кольору на створення психофізичного комфорту людини: створення комфортних умов для визначеної зорової роботи (оптимальне освітлення й кольори); створення комфортних умов для функціонування людського організму (компенсація кольоротерапією негативних впливів трудового процесу, кліматичних і мікрокліматичних умов). При використанні кольору як фактора психофізіологічного впливу враховують, зокрема, кольорові асоціації й переваги, хоча ці дані орієнтовні, відносні та можуть змінюватись зі зміною чистоти кольору, особливості поєднання кольорів, умов освітлення, особливостей організму й інших параметрів конкретної проектної ситуації (рис. 66–67).

Загальні риси впливу кольору на психіку людини та характер імовірних асоціацій, що виникають при сприйнятті кольорів (рис. 60, 63):

– **червоний** колір (теплий, важкий, збуджуючий) – має стимулюючу дію, викликає сильні реакції та м'язове напруження, нервує, змушує поспішати, активніше виконувати відповідну роботу, концентрує на собі увагу;

– **помаранчевий** (теплий, збуджуючий, виступає вперед) – викликає радість, створює почуття теплоти, благополуччя й веселощів, але може втомлювати; помаранчевому кольору приписується позитивний вплив на травлення та активізацію розумової діяльності людини та її фізичних навантажень;

– **жовтий** (теплий, легкий, збуджуючий) – також має стимулюючий вплив, а деякі дослідники наділяють його здатністю стимулювати розумову працю, допомагає сконцентруватись;

– **зелений і блакитний** (холодний, легкий, відступаючий) – викликають почуття свіжості, знімають збудження, заспокоюють, сприяють тихому відпочинку й сну, ймовірно знижують кров'яний тиск, покращують загальний стан організму;

– **фіолетовий** (холодний, важкий, відступаючий) – викликає почуття холоду, смутку, пасивності, разом з червоним кольором призводять до досить швидкої втомлюваності, уповільнює розумову діяльність;

– **коричневий** колір – заспокоює, в окремих випадках викликає смуток, сповільнює емоції, знижує увагу, не сприяє роботі;

– **блакитний, зелений, жовтий** – у цілому впливають на психіку людини позитивно, підвищуючи її працездатність та активність;

– чисто **білий і світло-сірий** – ахроматичні кольори (легкі) – у невеликій кількості створюють відчуття холоду й пустоти, найбільшою мірою використовуються в сучасних інтер'єрах як основний (іноді – як срібний або світло-срібний) фон для житлових кімнат або офісних приміщень, що налаштовує на роботу.

Колір відіграє дуже важливу роль і в живій природі, і в штучному формоутворенні, де такі властивості візуальної структури як **форма, фактура й колір** є визначальними в створенні привабливої речі або предмета в **ергодизайні** або великого об'єкта (цілісного комплексу) в **архітектурі**. При оздобленні приміщень користуються кольоровими стандартами у вигляді альбомів, таблиць кольорів і атласів. Спеціалістам-дизайнерам необхідно мати подібний **атлас** зразків (**кольорову книжку, паспорт кольорів, альбом** з широким діапазоном кольорів), в якому кольори даються за визначеною номенклатурою (переліком) та системою, що дозволяє на практиці точніше знаходити колористичну гармонію на основі певного варіативного вибору.

Розчленовані площини або архітектурний простір сприймаються трохи більшими, ніж нерозчленовані; в основі цього лежать **зорові ілюзії** і **психологічна** складова – на огляд і сприйняття великого простору або багаторівневої площини необхідно значно більше часу, ніж для огляду нечленованої площини (рис. 66, 67).

Світле матове оздоблення основних площин приміщення (стін, підлоги, стелі, меблів і обладнання, робочої поверхні столів) сприяє розсіяному освітленню та деякому візуальному зменшенню маси поверхонь, об'ємів і площин. Приміщення **світлого** кольору й оздоблення обладнання здаються більшими, ніж приміщення того ж розміру **темного** кольору поверхонь та оздоблення стін і стелі [54, с. 48]. Використовуючи закономірності сприйняття предметів при фарбуванні в різні кольори можна досягти значної **візуальної корекції** маси предметів і глибини простору. Так, якщо колір тінювих сторін предмета світліше, то предмет здається меншим. Якщо тони меблів насичені й темні, то об'єми здаються наближеними й більш великими, якщо тони менше насичені й холодні, об'єми й предмети здаються віддаленими. Фарбування приміщення в світлі й холодні малонасичені тони ілюзорно розширює приміщення, а покриття площини та об'ємів декількома кольорами одночасно руйнує враження цілісності й монолітності (рис. 67).

Кольорове покриття поверхонь в інтер'єрі або екстер'єрі може викликати явища, подібні до відомих оптичних ілюзій (наближення, віддалення, легкість тощо). Жовтий колір, наприклад, візуально ніби піднімає поверхню й вона видається більш широкою; білий разом із жовтим зменшують візуально поверхні, що знаходяться поряд; темно-синій і фіолетовий кольори умовно зменшують поверхню і роблять її важчою донизу.

Вищеперераховані прийоми описують лише деякі групи психофізіологічних явищ, що виникають у результаті спільного впливу кольору й світла, однак для більш глибокого вивчення даного питання необхідно залучення знань у галузі світлотехніки та колористики, психології та ергономіки, технічної естетики й будівельної фізики.

Контрольні питання

1. Як реорганізувалась функція кольору в природі та в сучасному штучному формоутворенні?
2. Які асоціації виникають у людини при сприйнятті червоного, жовтого, блакитного й зеленого кольорів в інтер'єрі?
3. Чи є якісна відмінність в застосуванні кольору в екстер'єрі та в інтер'єрі?

Література: 13, 34, 69.

9. Аспекти біотектонічного формоутворення

Архітектурно-біотектонічний процес містить три етапи свого впровадження в проектування: **біонічне** дослідження, **архітектурно-біонічне** моделювання й **проектне** моделювання (рис. 16). За цією ознакою (схемою) він дуже схожий на сам процес проектування, структура якого складається з таких стадій: передпроект, проект, робочі креслення. Сучасний взаємозв'язок архітектурної форми й природи проявляється в декількох аспектах, які є найбільш сформованими як в теорії так і в практиці архітектурної біоніки. Це: **конструктивно-тектонічний** аспект, що вивчає конструктивні системи й принципи побудови живих організмів та рослин; **кліматичний** аспект що вивчає реакції природних форм і організмів на клімат (самоутворення, авторегулюючі властивості) і використання їх в архітектурі та дизайні; **естетичний** аспект, що займається дослідженням естетичних властивостей природних і архітектурних форм (рис. 72).

Основоположним принципом конструктивно-тектонічного аспекту є розподіл особливо міцного матеріалу (механічних тканин) вздовж ліній найбільших навантажень. Багато елементів конструктивно-тектонічних структур: балки, колони, плити, рами, складки, оболонки-шкаралупи віддалено нагадують коріння, гілки, стовбури й листя рослин та дерев, скелети й панцири тварин, будову людського тіла тощо. Приміром, звичайна колона подібна до крони дерева, консолі – до його листів; шкаралупа яйця, череп людини або тварини подібні до оболонок; хребет і скелет тварин нагадує балку, прожилки листя – ребристі каркасні форми, а деяке широке листя – плиту. Ця подібність дозволила сформулювати основоположні **принципи** конструктивно-тектонічного аспекту, що полягають в тому, що розподіл особливо міцного матеріалу в природі (тобто механічних тканин) здійснюється вздовж ліній головних навантажень, завдяки чому природна конструкція розподіляється на елементи, що **несуть навантаження** й ті, що собою **навантажують** інші конструктивні елементи. Наприклад, лист дерева, в якому тонка плівка листа виконує, в основному, фізіологічні функції, підтримується “каркасом” (тобто прожилками листа); оскільки лист – це консольна зігнута ребриста плита, то товщина перетину прожилок змінюється відповідно до законів механічної роботи конструкції залізобетонної плити (де більше навантаження – там витрачається більше бетону та заліза).

На першій стадії аналізу виявляються характерні риси предмета живої природи, які можуть бути застосовані (запозичені) в дизайн або архітектуру. Серед таких зовнішніх ознак та рис живої природи можна назвати такі: симетрія (відносна симетрія живих організмів); повторюваність елементів (щільність стільникових систем); повторюваність і періодичність подій (зміна пір року, зміна дня й ночі, циклічність соціальних процесів, підйоми й спади економіки); наявність у живій природі найбільш розповсюджених геометричних форм (коло, спіраль, стільниковий шестикутник (трикутник), еліпсоподібні форми, піраміди тощо). Конструктивно-тектонічний аспект окрім тектонічної складової (художнє вираження роботи матеріалу та конструкції) передбачає комплексний морфологічний аналіз структури об'єму. Архітектурно-біонічний процес передбачає

такі стадії аналізу: формально-об'ємний аналіз, пропорційно-структурний аналіз, графічний (геометричний) аналіз; асоціативний (варіативно-комбінаторний) аналіз; функціонально-біологічний аналіз тощо. Формальний (об'ємний) аналіз виявляє спільні риси та відмінності зовнішньої форми, її пластики. Пропорційно-структурний аналіз передбачає обов'язкове накладання на зображуваний предмет або об'єкт масштабної модульної сітки, яка дозволяє здійснити модуляцію (перехід) від мікроструктури (або макроструктури) до величин, співмасштабних пропорціям людини. Асоціативний аналіз – це варіативно-пошуковий комплекс заходів, призначених для своєрідної фільтрації й відбору потрібних форм, закономірностей та якостей, критеріїв оцінки об'єму, які можуть бути використані в подальшій проектній розробці. Функціонально-біологічний аналіз передбачає врахування можливих властивостей, які потрібно трансформувати відповідним чином в конструктивно-тектонічний аспект – один із головних чинників процесу біотектонічного моделювання. Він охоплює широкий спектр прийомів і методів аналізу, синтезу й трансформації форми. Перша стадія аналізу не може бути простою, бо її результати повинні стосуватись не копіювання або перенесення форми, а її комплексної трансформації (зміни) форми та модуляції (пошук перехідного масштабу) остаточного об'ємно-просторового рішення, яке буде цілком підпорядковане ергономічним вимогам та вимогам довгострокової, безпечної експлуатації. Конструктивно-тектонічний аспект цілком поєднує в собі концепцію розкриття вітрувіанської тріади “користь – міцність – краса” в процесі аналізу особливостей природного прототипа й комплексного перенесення цих трьох критеріїв (їх трансформації) в архітектуру. Наприклад, рух рідини в тканинах рослин може трансформуватись в мережу водопостачання, конструктивна функція скелета тварин – в каркас будівель, обтічна форма панцира тварин – в оболонку подвійної кривизни, що перекриває великі зальні структури тощо (прикладі наведено в табл. 1).

Кліматичний аспект архітектурної біоніки розвивається за трьома основними напрямками: **перший** – це вивчення захисних властивостей покривних тканин та ізоляції живих організмів; **другий** – дослідження авторегулюючих властивостей живої природи залежно від дії сонячної енергії, температури, вологості тощо; **третій** – аналіз процесів самоутворення та саморегуляції в живій природі (наприклад, самоутворення краплі води й утримання стабільно цієї форми на поверхні листа, циркуляція рідини або поживних речовин в середині живих організмів тощо). Для сучасних зодчих подібний аспект надає широкий ряд можливостей для розвитку та моделювання форм і створення **динамічної** архітектури зі зворотними (відновлюваними) змінами її окремих елементів, що забезпечує регуляцію й підтримку оптимального мікроклімату приміщень. Наприклад, спортивний майданчик (зокрема – тенісні корти) з місцями для глядачів можуть бути обладнані сучасними сенсорами, що реагують на погоду, і під час дощу передають “наказ” до центральної комп'ютерної системи, яка закриває весь спортивний комплекс від негоди штучним покриттям (рис. 72 п.4).

Третім значущим аспектом архітектурної біоніки є **естетичний** взаємозв'язок природної та архітектурної форми, за умов якого “прототип” живої

природи може стати прообразом художньої архітектурної форми (композиції). Таж таки “неестетичність” тіла дощового черв’яка може бути трансформована конструкторами в “естетичні” форми оболонки пневматичних споруд так само, як мотив густих хащів очерету давні зодчі інтерпретували в щільно прилеглих колонадах єгипетських храмів, а мотив лісу – в інтер’єрах готичних соборів тощо. Необхідно також враховувати такий важливий момент, що природні форми, зазвичай, значно менші за будівельні, тому ні про яке механічне, пропорційне збільшення форм живої природи в архітектурі не може бути й мови. При механічному збільшенні природних прототипів, тобто збереженні всіх пропорційних співвідношень в архітектурі, будівлі й споруди виглядають гіпертрофованими, бутафорськими й фантастичними, а подібна гігантоманія пригнічує людину-глядача й негативно впливає на її психологічний стан (рис. 52).

Необхідно зазначити, що природа й архітектура, образотворче мистецтво й дизайн, маючи в своєму арсеналі спільні об’ємно-просторові форми для відповідного “стартового” проектування, висувають різні тектонічні й конструктивні, функціональні й естетичні вимоги до кінцевого результату формоутворення. Так, зовнішня оболонка звичайного кавуна слугує для тимчасового захисту насіння і коли прийде час, він навмисно сильно репне (як і огірок), щоб максимально розповсюдити це насіння, збільшивши на наступний рік ареал розповсюдження своєї популяції. У дизайні інтер’єру роль сфероподібної форми інша – легкий пересувний торшер з прозорого синтетичного матеріалу дозволить добре освітити обрану зону приміщення (рис. 19, 20). А вісь в архітектурі роль оболонки подвійної кривизни зовсім інша – форма сфери у поєднанні з конструктивною міцністю матеріалу дає змогу перекрити значні об’єми зальних просторів (стадіони, виставкові центри, театри тощо як показано на рис. 37).

Таблиця 1

**Асоціативність морфологічних і функціональних процесів
в природі та штучному формоутворенні**

| З/п | Характерна функція | Аналогічна функція в живій природі | Аналогії в суспільстві і штучному формоутворенні |
|------------|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Конструктивно-тектонічна функція | Крони дерев, стебла злакових рослин з міцними демпферуючими вузлами, гілками, прожилками листя | Несучі здатності конструктивних елементів сучасного каркасу. Біотектон, висотні будівлі |
| 2 | Функціональні системи життєдіяльності | Морфологічні особливості будови різних видів живих організмів, структура ДНК, молекули, атома, кристала | Функціональне зонування (вертикальне та горизонтальне) приміщень будівель і комплексів |
| 3 | Механічна функція (телескопічний ефект) | Робота кісток і м’язових тканин живих організмів під час руху (телескопічні очі хамелеона, равлика) | Рухомі доріжки та ескалатори, платформи, пандуси та рампи (телескопічні покриття будівель) |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---------------------------------------|---|--|
| 4 | Природно-кліматичний аспект | Авторегулюючі властивості живої природи (розкриття квітків, вранці, плетіння вусиків навколо стебла, ділення молекул тощо) | Сенсорне відкриття дверей, регулювання мікроклімату приміщень, розсувні накриття над стадіонами, залами, атриумами |
| 5 | Фізіологічна функція (ізоляція) | Структура і захисні властивості живих організмів, рух рідини і поживних речовин в клітинах, взаємопроникнення матеріалів | Захисні функції стін, покриттів і перекриттів, електромережі, системи водопостачання, каналізації та вентиляції |
| 6 | Функція саморегуляції і самоутворення | Утворення краплини води на поверхні листа, відповідність річних кілець віку зрізаної дерева, генетична інформація насіння | Аеродинаміка й обтічні форми сучасних транспортних засобів, саморегуляція розвитку сегментів великих міст, агломерацій |
| 7 | Естетична складова зовнішньої форми | Зовнішня досконалість форми в живій природі проходить жорсткий відбір в конкретних умовах певного середовища, пристосовуючись до нього | Художньо-естетичні властивості сучасних оздоблювальних матеріалів та органічність зовнішніх форм, їх дизайну |
| 8 | Колір, світло, акустика | Захисні властивості кольору живих організмів, попереджувачі кольори, маскувальні забарвлення | Художньо-естетичні властивості кольору в архітектурі, дизайні та образотворчому мистецтві |
| 9 | Соціальна функція | Спілкування та спільна робота в сім'ях, прайдах ссавців і в колоніях, соціальних комах (бджіл тощо), поступальний розвиток суспільства | Соціальні процеси в суспільстві. Обмін інформацією, торгівля, освіта, наука, культура, реклама, мистецтво |
| 10 | Циклічність процесів у світі | Зміна пори року, "міграції" материків, сезонні міграції однорічних рослин за сонцем, міграції льодовиків, рух планет навколо зірок тощо | "Пам'ять" суспільства, циклічність соціальних і кризових процесів, "міграції" цивілізацій впродовж тисячоліть, суспільний кодекс, ієрархія |

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні аспекти біотектонічного моделювання.
2. У чому полягає основний принцип конструктивно-тектонічного аспекту біотектонічного моделювання?
3. Як в архітектурі поєднується функціональність та естетичність?
Література: 29, 37, 45, 56.

10. Біотектонічне формоутворення штучного середовища з урахуванням особливостей природного ландшафту

Простір потрібно розглядати як архітектуру, інакше ми не будемо мати архітектури.

Ф. Л. Райт

Розвиток Землі, як й інших планет Сонячної системи, має свою тривалу геологічну історію. За цей час сформувалися її зовнішні оболонки: тверда (літосфера), рідка (гідросфера) і газоподібна (атмосфера).

Літосфера (від грец. *λίθος* – камінь і *σφαίρα* – куля) – зовнішня тверда оболонка планети завтовшки 50–200 км. Вона складається з поверхневого шару осадочних порід (крейда, вапняк, кремнезем тощо), сформованого за участі живих істот, а також граніту (середній шар) і базальту (нижній шар).

Поняття “**біосфера**” (від грец. *βίο* – життя) запропонував 1875 року австрійський учений Едуард Зюсс. Вчення про біосферу створив видатний український учений Володимир Іванович Вернадський (1863–1945). На його думку, біосфера не є окремою єдиною оболонкою Землі, це лише частина її геологічних оболонок, населених живими організмами. Отже, біосфера – це сукупність усіх біогеоценозів Землі, єдина глобальна екосистема вищого порядку. В. І. Вернадський заклав основи нової науки – **біогеохімії** – вчення про геохімічну діяльність живих організмів. Біогеохімія вивчає роль живих організмів у перетворенні зовнішніх оболонок нашої планети: руйнуванні гірських порід, процесах ґрунтоутворення, формуванні осадочних порід, колообігу, перерозподілі та концентрації хімічних елементів і у біосфері.

Ще в першій половині ХХ століття В. І. Вернадський передбачав, що біосфера поступово розвиватиметься у ноосферу. Цей термін запропонували 1927 року французькі філософи Едуард Леруа та П'єр Тейяр де Шарден. Спочатку він розглядав ноосферу як особливу оболонку Землі, яка розвивається поза біосферою. Але згодом він дійшов висновку, що **ноосфера** (від грец. *νόος* – розум) – *це новий стан біосфери, за якого визначальним фактором стає розумова діяльність людини*. За В. І. Вернадським, під впливом наукової думки й людської праці біосфера поступово переходить у свій новий стан – ноосферу. Людство все більше відрізняється від інших компонентів біосфери як нова надпотужна геологічна сила. Завдяки науковій думці, втіленій у технічних досягненнях, людина опановує ті частини біосфери, куди раніше не проникала.

Ноосфері, як якісно новому етапу в розвитку біосфери, властивий тісний зв'язок законів природи і факторів, які визначають розвиток людського суспільства. Цей зв'язок опирається на науково обґрунтоване раціональне використання

природних ресурсів, яке передбачає відновлюваність колообігу речовин і потоків енергії в окремих системах і біосфері загалом. Характерною особливістю розвитку ноосфери є екологізація всіх сфер життя людини. Тому до розв'язання будь-яких проблем людина має підходити з позицій **екологічного мислення** (рис. 58–59).

Отже, ноосфера – це якісно нова форма організації біосфери, яка формується внаслідок її взаємодії із людським суспільством і передбачає гармонійне співіснування природи й людини. Сукупність усіх організмів нашої планети В. І. Вернадський назвав живою речовиною. Основними її характеристиками є сумарна біомаса, хімічний склад і енергія. Енергія живої речовини насамперед проявляється в здатності організмів до розмноження й поширення. Життя на нашій планеті відрізняється значною стійкістю до змін інтенсивності дії різних екологічних факторів. Так, у стані **анабіозу** організми здатні витримувати значні коливання температури (від абсолютного нуля до $+100^{\circ}\text{C}$ й вище), тиску (від сотих часток атмосфери до 1000 атмосфер і більше на великих океанічних глибинах). Фактично живі організми відсутні лише в товщі льодовиків і в кратерах діючих вулканів.

Умови життя на планеті Земля та вплив на організми чинників неживої природи дуже різноманітні. Серед планет Сонячної системи тільки Земля населена організмами. Тому, що на нашій планеті сформувалися всі умови, необхідні для існування життя. Це наявність води, повітря, достатньої кількості світла й тепла. Як відомо, Земля віддалена від Сонця на 150 мільйонів кілометрів. Така відстань виявилася придатною для того, щоб на нашій планеті було достатньо води в рідкому агрегатному стані. Учені вважають, що якби наша планета перебувала на кілька мільйонів кілометрів ближче до Сонця, то вода перетворилася б на пару. А якби на 10–15 мільйонів кілометрів далі, то Земля вкрилася б льодом.

Світло й тепло, необхідні для існування організмів, Земля отримує від Сонця. Повітряна оболонка нашої планети містить кисень, необхідний для дихання, і вуглекислий газ, який потрібний рослинам. Також повітряна оболонка Землі надійно захищає нашу планету від перегрівання й охолодження.

У різних куточках нашої планети умови існування дуже відрізняються. Тому всі організми мусять пристосовуватися до такого різноманіття й обирати для свого існування найбільш сприятливі умови і форми. Адже саме за сприятливих умов організми добре ростуть, розвиваються, розмножуються. Усе, що оточує організм (різноманітні тіла і явища природи) і впливає на нього, називають **середовищем життя** (або **середовищем існування**). У ньому наявні всі умови, необхідні організму для життя (рис. 50). Наприклад, риби й інші водні тварини мешкають у **водному** середовищі. Дощові черв'яки, кроти пристосувалися жити в **грунтовому** середовищі. А птахи, павуки, комахи, рослини суходолу й ще багато інших організмів мешкають у **наземно-повітряному** середовищі. На організми водного, ґрунтового й наземно-повітряного середовищ впливають різні умови, які називають **чинниками середовища**. Їх можна поділити на дві групи. Це **чинники неживої природи** – **вода, температура, повітря,**

світло. Існують також і *чинники живої природи*, тобто вплив одних організмів на інші. Окрему групу чинників становлять різні *впливи діяльності людини* (*антропогенна діяльність*) на ландшафт та на організми (мисливство й рибальство, озеленення міст, висушування боліт, вирубування лісів тощо).

Велике значення для організмів мають чинники неживої природи: світло, тепло, вода, повітря й поживні речовини. **Вода** необхідна всім організмам. Вона входить до складу кожної клітини, в організмах, вона розчиняє поживні речовини й транспортує їх до всіх органів. А для багатьох організмів вода – середовище життя. **Тепло** теж є важливим чинником поширення організмів на Землі.

Екосистемою називають сукупність організмів, які мешкають на спільній території в певних умовах середовища існування і взаємодіють між собою. Одні екосистеми можуть існувати без участі людини, тому називаються природними, як-от: ліс, лука, річка, озеро, болото. Інші екосистеми створює людина. Це штучні екосистеми, наприклад квітник, акваріум, ставок, поле, сад, будівлі (*антропогенна діяльність*). Екосистема складається з організмів, які взаємодіють між собою, і чинників середовища, які на них впливають (світло, температура, вода та інші). Хоч якими б різними були організми однієї екосистеми, кожний з них виконує в ній певну роль. Наприклад, рослини утворюють органічні речовини, використовуючи енергію світлових променів.

Тварини споживають органічні речовини, створені рослиною, коли поїдають рослини або інших тварин. В екосистемі тварини виконують роль споживачів. Рослини й тварини, які входять до складу екосистеми, з часом помирають. Рештки відмерлих організмів руйнуються й перетворюються на неорганічні речовини завдяки діяльності таких мешканців ґрунту, як деякі комахи, дощові черв'яки, гриби й бактерії та інших. В екосистемі вони утворюють групу організмів під назвою “руйнівники”.

Розглянуті приклади показують взаємозв'язок між різними групами організмів в екосистемі на основі живлення. Одні організми є продуктами живлення для інших. Без цього екосистема не існувала б.

Періодичні зміни середовища і організми. З рухом нашої планети навколо Сонця і навколо своєї осі пов'язані такі явища природи, як зміни пір року та чергування дня й ночі. Вони супроводжуються змінами умов середовища. Наприклад, узимку температура повітря знижується, а влітку вона досить висока; кількість світла вдень значно більша, ніж уночі. Такі зміни повторюються через певні проміжки часу (один рік, один день), які називають *періодами*. Тому зміни в природі, пов'язані з цими періодами, називають **періодичними**. Живі організми пристосовуються до зміни дня й ночі. Кількість світла світлої й темної пори доби різна, тож зміна дня й ночі також впливає на поведінку живих істот. Так, є рослини, які на ніч стуляють листки (квасениця) чи пелюстки квіток (мальва, кульбаба). Інші, навпаки, розкривають квітки саме вночі, наприклад матіола, коли вилітають нічні метелики (рис. 35, 58). Більшість тварин активні вдень і відпочивають уночі. Наприклад, яструб і сокіл активно шукають здобич удень, коли світла достатньо. Сова й кажан добре бачать у темряві.

Ґрунт – це не лише частина твердої оболонки Землі, по якій ми ходимо, на якій зводимо свої будинки. Це ще й життєво важлива частина земної поверхні. **Ґрунтом називають верхній пухкий родючий шар землі, де ростуть рослини й живуть тварини.**

Хоч якими б щільними видавалися нам окремі ділянки ґрунту, між його частинками завжди є проміжки, заповнені повітрям і водою. Це має важливе значення для живлення рослин, дихання тварин – мешканців ґрунту. Завдяки наявності в ґрунті поживних речовин і вологи ростуть і розвиваються рослини. Рослин поїдають тварини й людина. Отже, від ґрунту залежить існування і рослин, і тварин, і людини. Ґрунт – це природна суміш, до складу якої входять гумус, пісок, глина, вода з розчиненими в ній неорганічними речовинами, повітря.

В атмосфері Землі на висоті 20–25 км розташований озоновий шар. Свою назву він отримав від назви речовини, що міститься в ньому. Озон – це проста речовина, утворена, як і кисень, з атомів хімічного елемента оксигену. Проте молекули озону складаються не з двох, а з трьох атомів цього хімічного елемента. Озоновий шар, незважаючи на відносно невелику товщину, має дуже велике значення. Ніби фільтр, він пропускає до Землі нешкідливі промені Сонця та затримує шкідливі.

Вода на землі. Властивості й колообіг води. Три чверті поверхні Землі вкриті водою. Вона заповнює заглибини в земній корі, утворюючи океани та моря. Великими територіями суходолу течуть річки й річечки. У природних заглибинах на суходолі утворилися озера.

Частину території України займають Чорне та Азовське моря. На території України близько 70 тисяч великих і малих річок і близько 20 тисяч озер. Найбільше з озер у Поліському краї, окрасою якого стали Шацькі озера. Найглибше серед них – озеро Світязь. Найбільша його глибина сягає 58 метрів. Його площа становить 26 квадратних кілометрів.

Багато глибоких з напручуд чистою, холодною водою озер в Українських Карпатах. Високогірне озеро Синевир розташоване в долині на висоті 989 метрів над рівнем моря. Світязь і Синевир вважаються одним із семи чудес України. Це озера з прісною водою. Проте є в Україні й солоні озера-лимани, на які багатий Крим. Найбільше солоне озеро Криму – Сасик, а найглибше – Донузлав. Унікальним солоним озером є Сиваш, з якого у великій кількості добувають кухонну сіль.

Завдяки здатності змінювати свій агрегатний стан вода може мандрувати світом на великі відстані. Наприклад, невидима водяна пара, піднімаючись угору, охолоджується й знову перетворюється на рідину. Згодом ця рідина випаде на землю дощем, градом, а взимку снігом. Будь-які опади стікають по земній поверхні, наприклад, у річки, озера, а частина їх просочується в землю. Через деякий час, подолавши багато перешкод, вода-мандрівниця зрештою потрапляє в море або океан.

Такий обмін вологою між водною поверхнею, атмосферою й земною поверхнею відбувається постійно й називається **колообігом води в природі**.

Рослини, тварини, гриби, різноманітні мікроорганізми можуть існувати без води. В різних куточках нашої планети кількість життєво необхідної води неоднакова. Мешканці посушливих територій планети живуть в умовах недостатньої кількості води, а мешканці заболочених місцевостей, навпаки, постійно перебувають в умовах надмірного зволоження. Тому всі організми на земній кулі мусять **приспосовуватися** до існування в різних умовах зволоження.

Наприклад, рослини по-різному пристосовуються до зростання в умовах недостатнього зволоження. Одним рослинам допомагає виживати довгий корінь, що проникає на значні глибини, дістаючи воду з глибоких шарів ґрунту. Корінь інших рослин розгалужується у верхніх шарах ґрунту, щоб вбирати якнайбільше вологи після дощу. Є рослини, які запасують воду в “м’ясистих” листках і стеблах.

Рослини, крім того, мають різні пристосування для зменшення втрати води під час випаровування. Наприклад, листки ковили й типчака вузькі й шорсткі, у кактусів вони перетворилися на колючки. Опушені листки баштанних культур та полину перешкоджають надмірному випаровуванню.

У тварин, які мешкають у посушливих місцевостях, є різні **пристосування** до підтримання необхідного вмісту води в організмі та економного її витрачання. Так, верблюд може не споживати воду тривалий час, бо п’є одразу велику її кількість (за лічені хвилини він здатен випити понад 100 л води). А ще він одержує воду в результаті хімічних реакцій, які відбуваються із жиром, накопиченим у горбах. Ховрахи отримують воду, споживаючи соковиті частини рослин. Комахи утримують вологу в організмі за допомогою особливих покривів тіла.

Пристосування організмів до низьких і високих температур. Тепло – необхідна умова існування організми, коли температура повітря збільшується, листки більше випаровують води. Завдяки цьому знижується температура тіла рослини. Звірі й птахи зберігають тепло за допомогою густої шерсті чи пір’я. Тварини, які живуть у холодних океанічних водах або в місцевості з дуже низькою температурою повітря (наприклад, кити, тюлені, моржі, білі ведмеді), мають чималі запаси підшкірного жиру.

Якщо денна температура повітря дуже висока, більшість тварин ховається у нори або заривається в пісок. Це різноманітні павуки, ящірки, тушканчики. А коли температура повітря знижується, вони виходять на полювання. Така поведінка цих тварин зумовлена зміною температури.

Взаємозв’язок архітектури й природи – втілення споконвічного намагання людини до органічності середовища існування. **Середовище існування** – це досить широке поняття, яке можна розглядати в різних аспектах. Наприклад, з точки зору освітлення, температури, опадів, переважаючих напрямків вітру, або з точки зору його ландшафту. Найкращим поєднувальним ланцюгом між такими різними – біонікою та архітектурою є ландшафт і його не можна плутати з рельєфом.

Ландшафт у географічному розумінні і в сенсі ландшафтної архітектури – це одноманітна ділянка землі, оточена природними кордонами, в межах яких природні компоненти (рельєф, повітря, вода, рослинний і тваринний світ) утворюють взаємопов’язану єдність. Їх взаємодія здійснюється таким чином: **рельєф** визначає потоки повітря, **повітря** визначає баланс води, **вода** визначає інтенсивність рослинності, а **рослинність** визначає розмаїття **тваринного світу**. У цій єдності п’яти природних компонентів основним є рельєф. Саме рельєф є своєрідним каркасом, що визначає послідовність взаємозв’язку між названими компонентами і, в результаті, формує індивідуальні, відмінні риси конкретного ландшафту. Таким чином, складається **місцева кліматична характеристика** ділянки зі сталим рослинним і тваринним світом (рис. 80).

У ландшафті виокремлюються поняття природного та антропогенного ландшафту. До **природних** ландшафтів прийнято відносити всі ландшафти, що утворились впродовж звичайного розвитку природного середовища та не мають слідів людської діяльності. **Антропогенний** ландшафт – це ландшафт, що знав впливу людини. Антропогенні ландшафти існують від початку господарської діяльності людей і набули досі таких значних впливів суспільства на природу, що є нагальна необхідність вирішувати проблеми їх екодизайну на рівні біосфери й ноосфери (за твердженнями В. Вернадського). З розширенням масштабів людської діяльності настала епоха **стійких ландшафтних перетворень**, що формують різні види антропогенних ландшафтів: промислових, сільськогосподарських, урбанізованих, комбінованих. При цьому, високо урбанізовані агломерації (за аналогією з живими організмами) набувають ознак самоутворення й саморегуляції, розвиток і генеза яких дуже часто настільки інтенсивні (як великі мегаполіси), що один архітектор вже не має змоги їх дієво регулювати.

Однією з головних переваг кращих творів архітектури і мистецтва є їх **органічне** поєднання з навколишнім середовищем, зокрема – з ландшафтом. Рівнинний пейзаж і дзеркала озер з північними туманами, підказали найбагатший силует та срібну гаму Преображенської та Покровської церков в Кіжах (Росія). Нева з її членуванням на два рукави, що створює природну “тягиву”, підказали зодчим образ Біржі, яка завдяки лаконічності об’єму з багатою світлотінню оточуючої її колони, стала одним з головних композиційних центрів Санкт-Петербурга. Афінівський Акрополь, монолітно пов’язаний зі скелею, на якій його збудовано; Печерські пагорби в м. Києві, увінчані золотоголов’ям церков та дзвіницею Печерської Лаври; голкоподібні завершення покрівель і башти монастиря Мон-сен-Мішель (у Франції), невід’ємно пов’язані з горою, на якій збудований весь його комплекс і органічно поєднані з природним середовищем.

Емпірично пізнаючи природу, логічно усвідомлюючи її красу, зодчі формулювали свої перші найважливіші постулати та принципи взаємозв’язку архітектури й зовнішнього середовища: “Будинок – це ніби жива істота, створюючи яку необхідно наслідувати живу природу” (Альберті, Раннє Відродження);

“Живописець, здчий втілює у формі пропорцій ті самі втаємничені природою закономірності, які у формі числового закону пізнає вчений” (Леонардо да Вінчі, Раннє Відродження). Зараз виправданість природи, необхідність поєднання зіштучним середовищем все більше набуває своєїрідної “абсолютної” природної цінності для людини. Концепція архітекторів нового часу – “співпрацювати” з природою, “наблизити людину до природи”, “об’єднати природу, будинки та людей в одне гармонічне й ціле”, “влити місто в природу, пронизати його безперервним “потокм ландшафту” і т.п. Принципи органічної архітектури відстоювали у своїх роботах Ф. Райт (злиття архітектури з природою), Ле Корбюзьє (будівля на колонах з експлуатованою покрівлею), К. Танге (необруталістичні мотиви), О. Німейєр (виразність архітектури), А. Аалто (“зелена” архітектура Скандинавії), Е. Саарінен (ансамбль будівель Технічного центра компанії “Дженерал Моторс” в Детройті, США) тощо (рис. 80а, б). Архітектура вносить щось подібне до **театральної декорації** в природне середовище. Однак, творчість багатьох здчих носить раціональний характер, що протиставляє архітектуру й живу природу, ніби створює архітектуру “саму в собі”, підкреслюючи її самостійність технічно досконалих, ідеально геометричних форм із залізобетону, скла й металу. Людвіг Міс ван дер Рое своїми роботами намагався підтвердити свою творчу раціоналістичну доктрину й концепцію: “Еволюція людського житла, що бере початок від печери, закінчена. Новий шлях формоутворення штучного середовища вказано.”

Ландшафт і навколишнє природне середовище є тим творчим майданчиком, на якому здчі на рівні мезоструктури можуть реалізувати результати біотектонічного моделювання, органічно взаємопов’язуючи між собою прототип живої природи, модель і їх втілення. Подібне моделювання може провадитись **системно**, враховуючи інтереси формального біотектонічного моделювання, та **комплексно**, коли на формування архітектурної композиції впливає безліч умов: інсоляція, орієнтація приміщень, типологічні вимоги, ландшафт, містобудівна ситуація, художній образ споруди тощо (рис. 84).

Контрольні питання

1. У чому полягають принципи екологічності в проектах екоархітектури та ландшафтного дизайну?
2. У чому полягає органічність архітектури, що розташовується на різному ландшафті?
3. Перерахуйте п’ять основних компонентів, що формують ландшафт.

Література: 35, 43, 51, 65.

11. Проблема естетики в архітектурній біоніці

*Щоб зрозуміти життя рослини,
потрібно ознайомитись з її формою.*

К. Тімірязєв

Досить цікава тема естетики в процесі трансформації прототипу живої природи в архітектуру або дизайн. Так, запозичені елементи можуть бути дуже красивими (як квітка або метелик), або навпаки – викликати огиду (як жаба або дощовий черв'як), однак, в обох випадках митець повинен або використати “запозичену” красивість (як в першому випадку), або, абстрагувавшись від реальної форми, вигадати, домислити її (як у другому випадку), щоб проєктований об'єкт або предмет був і естетичним, і гарним, і комфортним, і зручним у використанні. Наприклад, вертикальна композиція “біотектона”, балясина, горизонтальна композиція пневмоспороди ангара Ф. Отто (завод “Крупп” в Німеччині), віддалено нагадують дощового черв'яка й схожі на нього, однак не викликають ніяких негативних емоцій, відрази й несприйняття, оскільки їх форма продиктована й обумовлена функцією внутрішнього простору архітектурного об'єкта запропонованим конструктивним рішенням або вимогами до дизайну обраного предмета.

Процес гармонізації форми може поєднувати в собі інженерні розрахунки (тут на допомогу приходять сучасні можливості Інтернету і програмного забезпечення) і творчий варіативний пошук, моделювання остаточного рішення завдяки індивідуальному смаку й художній інтуїції автора. Остання складова передбачає можливість синтезу різних параметрів в їх цілісності й гармонійному поєднанні. Жива природа “сама” гармонізує себе (ознаки самоутворення й саморегуляції). У процесі росту під дією змін умов існування відбуваються постійні й періодичні (сезонні) зміни (трансформація) форми, співвідношення мас живих організмів, положення в просторі, співрозмірності (структури) тощо. Живий організм безперервно шукає баланс і відповідність зовнішніх (формальних) впливів і внутрішніх фізіологічних і фізико-механічних сил в структурі матеріалу та власне реакцію форми на функцію.

Закони гармонії природи, що використовуються в архітектурі, роблять свій внесок і в формування зодчества як мистецтва. Без сумніву, **гармонія** – ознака краси живої природи й ознака її структури, яка складається з: урахування закономірностей побудови форми (системи просторової організації, пропорцій, ритмометричних співвідношень, рівноваги); логічності й граційності ліній форми, її легкості (або масивності); просторовості форми, що зігнута в трьох напрямках, криволінійність її абрис-контура; “живості” й органічності, що виявляються в різноманітності їх характеристик; цілісності й композиційної єдності остаточного архітектурного рішення.

У результаті використання біоструктур у зодчестві можуть бути досягнуті креативні візуальні ефекти та домінантні естетичні характеристики будівель і споруд, які наближають їх до **знакової** архітектури, що стали впізнаваними національними символами різних країн. У деяких випадках біоформи в архітектурі стають засобами досягнення не тільки художньої виразності, але й формування самого **образу** споруди або комплексу (наприклад, “Дженерал Моторс” у Детройті (США), образ птаха з розкинутими крилами аеропорту ім. Кеннеді (Е. Саарінена), храм “Лотос” в Індії, Ейфелева вежа в Парижі, комплекс Сіднейської опери (Австралія), комплекс громадського центра м. Бразилія архітектор О. Німейєра тощо) [37, с. 107].

Провідну роль у розвитку штучного формоутворення відіграє дизайнерська біоніка. Важливою складовою дизайнерської біоніки є вивчення конструкційно-тектонічних форм органічної природи. Як правило, у формах живої природи проявляються механічні здатності конструкцій, котрі ми ясно сприймаємо очима: пружність, напруженість, еластичність, стійкість тощо. Наприклад, вигнутість гілки, яка несе тяжкий вантаж плодів, говорить про її пружність. Про напруження м’язів говорять “надуті” біцепси людини, що піднімає гирю. Розширення стовбура дерева донизу говорить про його тектонічну роботу та стійкість, що відповідає умовному “конусу” тектонічності тощо (рис. 58–72). Цей принцип взаємозалежності форми та механічних здатностей конструкцій є дуже цінним для дизайнерського проектування. Він має сенс як у суто утилітарному відношенні, так і в естетичному плані.

Для того, аби дизайнерові відкрились шляхи творення вдалих конструкційно-тектонічних форм за прикладом органічної природи, треба, щоб він мав уяву про “будівельний матеріал”, з якого природа ці форми створює. Його в даному випадку повинен цікавити матеріал природи не як сировина, з якої виготовлятимуться реальні промислові вироби, а як об’єкт (форма) для вивчення його певних конструктивних властивостей з метою синтезу властивостей і створення нового ефективного штучного матеріалу для будівництва об’єктів, значно більших і масивніших за природні.

Естетичні категорії будь-якого проектування (зокрема й біотектонічного) завжди розглядаються не окремо, а в комплексі з великим переліком вимог до розроблюваного нового предмета або об’єкта. Так, в архітектурі створюючи нову **форму**, яка визначається вимогами **функції** зодчі часто звертаються за допомогою до суміжників: технологів (які забезпечують відповідність образу та внутрішніх технологічних процесів); конструкторів (які розраховують допустимі навантаження опорних елементів споруди); спеціалістів-матеріалознавців, сантехніків, електриків тощо. Засновники теорії раціоналізму в архітектурі англійці Джордж Рескін, Вільям Морріс та американець Луїс Саллівен в другій половині XIX ст. сформулювали основну ідею функціонального методу проектування – “все що функціональне, те й красиве”, поєднавши тим самим естетичні та утилітарні складові функції. При цьому вирішення **естетичного** пара-

метра **функції**, організованого та створюваного штучного середовища, є точно такою ж об'єктивною необхідністю, як і забезпечення належних параметрів площі, об'єму, міцності, мікроклімату, температури приміщення, інсоляції, повітрообміну, природного та штучного освітлення та інших утилітарних вимог даного функціонального процесу.

Естетика – це такий самий **параметр функції**, як і всі інші, без цілеспрямованого врахування естетичної значущості організованого функціонального процесу архітектура повноцінного звучання не отримує.

Повноцінне звучання архітектура отримує в тому випадку, коли **функціональні процеси і простір**, призначений для їх організації, знаходяться в гармонійній єдності, тобто **форма відповідає змісту**. Наприклад, Афінський акрополь (Ерехтейон, Парфенон), Колізей в Римі, собор Василя Блаженного в Москві, комплекс дерев'яних церков в Кіжах на Соловках (Росія) та безліч інших архітектурних об'єктів давно вже припинили своє існування майже за всіма функціональними параметрами крім одного – естетичного. Люди з різних куточків світу долають величезні відстані лише для того, щоб побачити неповторну гармонію цієї архітектури, утворювану відомими засобами архітектурної композиції (пропорційність, ритм, симетрія, асиметрія, нюанс, контраст, масштабність, синтез мистецтв, супідрядність, цілісність тощо). Щоб форма відповідала змісту, необхідно добре знати **зміст і форму**, бо саме тоді зодчий отримує унікальну можливість вільно без всякого насилля над ними організувати штучний простір. Будь-які спроби штучно “вживити” естетику в архітектуру ззовні не властивим для неї засобом без пізнання глибинної сутності змісту й форми будуть невдалими. У функціональних процесах від початку вже закладена естетика, необхідно лише її усвідомити та виявити у формі об'єкта будівництва з урахуванням конкретної ситуації. У перевірених часом відомій тріаді, сформульованій ще в I ст. до н.е. давньогрецьким зодчим Марком Вітрувієм в його трактаті “Десять книг про архітектуру” закладено алгоритм критеріїв штучного формоутворення, а саме : **“Користь, міцність, краса”**. Організуючи штучний простір, архітектор вирішує перш за все **функціональні** проблеми, пов'язані з користю функції, потім – конструктивною міцністю та надійністю споруди, і на завершення – її естетичністю й красою. Але не навпаки, коли починають з красивості й втрачають рівень міцності й користі об'єкта (що досить часто зустрічається в архітектурній проектній практиці та в студентських академічних роботах). Організація функціонального процесу й простору в будь-якій іншій послідовності, окрім “користь, міцність, краса” призводить до відходу вбік від досягнення гармонійної, образної єдності функції, простору й форми.

Насправді естетика є такою ж складовою частиною функції в штучному формоутворенні об'єкта, як і його висота, ширина, освітленість та інші параметри, і точнісінько так, як і ці інші параметри, потребує свого цілеспрямованого покращення за допомогою засобів архітектурної композиції.

Робота сучасного зодчого чимось схожа на “роботу” живої природи з пошуково-варіативного відбору найбільш вдалих зразків форм і структур, що виконують роль ідеалізованих моделей. Завдяки живій природі й чіткості її критеріїв виживання більшості видів живих організмів, архітекторами було сформовано деякі зовнішні ознаки сучасної органічної архітектури, утвореної за допомогою функціонального методу проектування: чітка організація структури приміщень і їх відображення в системі об’ємів; обов’язкова відповідність функції та форми; раціональне оздоблення та уніфіковані матеріали; відсутність виявленого головного фасаду тощо.

Принцип **функціонального методу** проектування полягає в диференціації функціональних процесів на елементарні частини, організовані потім в окремій приміщенні, а потім інтегровані (синтезовані) в різні групи приміщень, функціональні зони за допомогою засобів і методів архітектурної композиції (номенклатура, перелік приміщень → функціональна схема → схема плану → план). Естетичний взаємозв’язок між природою та архітектурною формою найкращим чином простежується через аналіз внутрішньої структури, будови конструктивного несучого остова та зовнішніх характерних рис форми. Форми живої природи, їх просторові поєднання й можливі трансформовані моделі можуть стати в деяких випадках прообразами художньої архітектурної форми, наприклад, квітка лотоса інтерпретована в капітелях колон єгипетських храмів; мотив лісових хащ – в інтер’єрах готичних соборів; яйцеподібна форма – у склепіннях над зальними приміщеннями; спіралеподібна мушля – у капітель іонічного ордера; павутина – в принципах роботи вантових структур; скелети тварин – в каркасах сучасних багатоповерхових будівель; переріз крони дерева з його “віковими” кільцями – в радіально-кільцеву схему генерального плану великого мегаполісу тощо.

Специфіка **естетичних** проблем архітектурної та технічної біоніки стосується перш за все питань психології та особливостей сприйняття різних об’єктів і простору за різних умов. Вона починається з **аналізу й виявлення** оригінальності й неповторності архітектурних (дизайнерських) форм віддалено схожих на природні, але тих, що виконують суспільні функції; звичніше бачити ці форми функціонуючими біонічно (через виконання природно-фізіологічної роботи). Однак цей психологічний бар’єр може бути подоланий, якщо людина пізнає (відкриває) не тільки функціональну, конструктивну, економічну та технічну виправданість даної споруди, але й естетичні взаємозв’язки біологічних процесів та структур з архітектурними формами. Саме тому в цьому аспекті необхідно враховувати такий важливий момент, що природні форми, як правило, значно менші за будівельні (що впливає і на їх роботу зі сприйняття навантажень, і на психологічний вплив на глядача). Ні про яке механічне пропорційне збільшення структур, механізмів і форм живої природи в архітектурі та дизайні не може бути й мови.

Пропорційне збільшення їх в архітектурі призводить до отримання форм з грандіозними розмірами, що справляє пригнічуючий вплив на потенційного глядача (приклад: єгипетські піраміди в Гізі; конкурс проекту Палацу Рад в Москві в 1930-х роках тощо). **Гіпертрофія** цих форм не може не вплинути на психологію їх сприйняття людьми. При механічному збільшенні природних форм, тобто збереженні пропорційних співвідношень, вони виглядають бутафорськими (театральними) й досить фантастичними. Але ні те, ні інше до хорошого результату не призводить. Вдалим прикладом гармонійного естетичного використання форм природи в архітектурі є приклади подібних форм, що дуже схожі між собою: побудований в Пуерто-Ріко ресторан “Сан-Хуан”, овочевий ринок в Парижі, океанаріум “Місто Науки” в м. Валенсії (Іспанія), близький до них за формою культурний центр ім. Г. Алієва в Азербайджані (арх. З. Хадід) та містобудівний аналог подібної форми – місто майбутнього “Латаття”, що плаває на воді (Бельгія, арх. В. Кальбо, рис. 5а), що перекриті хвилястою оболонкою подвійної кривизни довільної форми і не є результатом інженерних розрахунків, а створена на основі використання законів формоутворення живої природи. Прикладів подібних форм в архітектурі досить багато і всі вони віддалено нагадують окрім природних форм, своєрідну старовинну вінілову платівку, яку цілеспрямовано зігнули під дією високої температури й тиску та надали їй неповторної довільної конфігурації. Подібна форма покриття аквапарків, ресторанів, торговельних центрів добре відповідає своєму подвійному функціональному призначенню – максимально захищати інтер’єр приміщень від пекучих променів південного сонця й одночасно забезпечити візуальний зв’язок внутрішнього простору з оточенням (навколишнім середовищем). Подібна секторна оболонка подвійної кривизни справляє враження її природного походження. Разом з тим, важко визначити, яка саме конкретна форма живої природи стала тут первинним прообразом (джерелом ідеї об’ємно-просторового вирішення). У ній поєднуються закономірність і принципи побудови багатьох форм живої природи – мушлі равлика, пелюстки квітки, листя дерев, хоча в реальному житті ні мушлі, ні квітки, ні листа такої форми немає.

Моделювання живих організмів створює велику “базу даних” для подальшого проектування й дизайнування, виявлення закономірностей структурної побудови стебла за принципом структурно-функціональної організації його тектоніки, анатомічних, молекулярних і екологічних системних взаємозв’язків.

Будується логічна модель, де специфічні біологічні ознаки структурної організації живих систем трансформуються та синтезуються в просторово-часовій моделі, яку ми умовно назвемо – біотектон.

Біотектонічні системи – це складні системи кібернетичного типу, у розробку яких закладена аналогічна програма “живий організм – середовище – споруда”. Просторово-часові взаємозв’язки цих систем будуть визначатись: отриманням, обробкою інформації про навколишнє середовище й реакцій сис-

теми (організму) під дією складних процесів, які сприяють росту й розвитку (фотосинтез, пори року, земне тяжіння тощо); формоутворенням системи (організму) під впливом навколишнього середовища (структурно-функціональна організація, яка включає процеси формування просторової структури і організації життєвого середовища, просторово-часові взаємовідношення структурних елементів, властивостей несучих конструкцій і нових матеріалів, взаємозв'язків різних рівнів структурної організації); життєзабезпеченням, тобто перетворенням системи в “організм, який пристосовується”, коли шляхом фізичних трансформацій буде досягнута можливість існування в широкому діапазоні вимог зовнішнього середовища з одночасною підтримкою всередині системи стабільних параметрів, необхідних для надійного та комфортного функціонування організму.

У життєзабезпеченні біологічної системи важливе значення має наявність резерву внутрішніх сил для перебудування внутрішньої структури залежно від середовища, саморегуляція надходження енергії та її витрат на підтримку життєзабезпечення організму, а також координація й синхронізація процесів згідно з принципами зберігання екологічної рівноваги. Здатність до самоорганізації біотектонічних систем має велике значення у створенні просторово-комунікативного середовища через виявлення принципів їх організації на рівні дизайну деталей інтер'єру (рис. 85–90).

Структурні рівні просторового формування біонічної споруди відповідають законам формоутворення в живій природі. Просторове формування споруди, що має розвиток по вертикалі можна визначити трьома структурними рівнями. **Перший** рівень – загальний, який показує як формується вертикаль, форма, конструктивна (морфологічна) схема, її склад, елементи й побудова. Цей рівень віддзеркалює взаємозв'язок складових частин просторово-тектонічної структури залежно від факторів навколишнього середовища. **Другий** рівень – вказує на будову вузлів, що формують вертикаль несучої частини, яка за допомогою в'язко-пластичних деформацій може адсорбувати механічну енергію, яка забезпечує гнучкість динамічній системі й велику несучу здатність. **Третій** рівень – дизайнерський, який наближається до визначення параметрів простору з надходження об'єкта через неперервний розвиток архітектурних просторів (їх збільшення або зменшення) з'являється необхідність в створенні рухливої (динамічної) модульної системи неевклідової геометрії, загальними критеріями оцінки якої будуть органічно синтезовані категорії “простору” й “часу”.

Контрольні питання

1. У чому полягає особливість поєднання утилітарного й естетичного в сучасному дизайні та архітектурі?

2. Назвіть основні ознаки органічної архітектури. Яка їх роль в естетизації форми?

Література: 9, 38, 57.

12. Глобальна та концептуальна архітектура майбутнього – біостиль XXII століття

Композицію в містобудуванні треба розуміти як гармонійне поєднання й узгодження всіх частин міста, що визначають його цілісність і художню єдність.

М. Баранов

Одним із головних завдань будь-якої науки є визначення можливих напрямів її перспективного розвитку. Для архітектурної біоніки це надзвичайно актуально, оскільки це наука, яка досить недавно з'явилась, але вже досягла значних успіхів в освоєнні законів природи і їх трансформації у формоутворенні штучного середовища. Детальне вивчення явищ і форм неантропогенного походження підказало людству безліч ідей з покращення умов його існування, гармонізації оточення, створення комфортних умов для комунікації роботи й відпочинку (рис 80).

Порівнюючи і співставляючи тенденції формування архітектури різних епох і закономірностей розвитку живої природи, можна зробити висновки про можливість розширення перспективних напрямів **архітектурної біоніки**. Модель перспективного розвитку науки в архітектурній практиці можна скласти, виходячи з аналізу генези становлення цієї та інших наук в історичній ретроспективі. Практика підтверджує, що більшість процесів і явищ в природі та людському суспільстві розвиваються подібно й послідовно, змінюючи одне одного згідно з “кривою” графіка “підйомів” і “спадів” або “конуса” спіралеподібного графіка подібного розвитку. Тобто, суспільство (як частина живої природи) разом з усіма можливими процесами всередині нього розвивається не тільки обов'язково **по висхідній**, але й повторюючи періоди підйомів і спадів динаміки подібно до становлення й формування природних процесів і більшості елементів неантропогенного середовища (рис. 81).

Таким чином, можна припустити, що наступний етап утвердження **біоніки** як науки та біотектонічного методу моделювання в штучному формоутворенні будуть супроводжуватись такими можливими напрямками (векторами) розвитку (рис. 92): **об'єднання систем** (спадкоємність та новаторство в архітектурі й дизайні); **індивідуалізація** проектування на основі **базових** моделей; **диференціація** за величиною ансамблів (комплексів) і типами планувальних сіток; **уніфікація** та **систематизація** біотектонічних структур за призначенням і величиною; **модернізація** різних типів форм; **укрупнення** й **комплексність** проєктованих містобудівних ансамблів. Усі перераховані напрями можливого розвитку передбачають застосування ряду **принципів об'ємно-просторової організації** композиції проєктованого об'єкта в процесі штучного формоутворення:

- принцип універсальності та комплексності проєктованої системи;
- принцип гармонізації та наслідування подібності зовнішніх форм;

- принцип інформативності простору;
- принцип естетичної виразності;
- принцип комунікативності й доступності;
- принцип візуальної проникності й гнучкості простору;
- принцип повторюваності елементів комплексу та стилєвих закономірностей внутрішніх структур;
- принцип варіативності та модульної комбінаторики;
- принцип просторової ієрархії;
- принцип компактності й виразного взаємозв'язку функції та форми (рис. 6–7).

Сам процес проектування варто (як і раніше) розподіляти на три основні етапи: **передпроект** (підготовка проектування, аналітика, вивчення проблеми, розробка можливого варіативного ряду); **проект** (процес проектування, розробка проектного рішення); **робочі креслення** (впровадження). Що б не запроектувала людина, оцінка результатів її творчої діяльності завжди буде здійснюватись за такими трьома основними **критеріями**: оригінальність ідеї, краса подачі, можливість реалізації. У наш час відома **вітрувіанська тріада** дещо трансформувалась і набула ознак: краса; зручність (комфортність в експлуатації); міцність (надійність); економічність. Тобто, в епоху розквіту споживчого суспільства, найбільш імовірною системою оцінки будь-якого об'єкта або предмета в штучному формоутворенні буде співставлення та поєднання критеріїв: “ціна – якість”. Особливо це стосується дизайну й технічної естетики, де метою формоутворення є вдосконалення навколишнього предметного середовища.

На тему можливої генези архітектури майбутнього впродовж тисячоліть розмірковували багато відомих вчених і архітекторів, інженерів і мистецтвознавців (Марк Вітрувій Полеон, Леонардо да Вінчі, Ле Корбюзьє, Міс ван дер Рое, Ф. Райт, Н. Фостер та багато-багато інших) і майже всі вони безпомилково прогнозували основні перспективні напрями розвитку штучного формоутворення на найближчі сто років. Це стало можливим саме тому, що дослідники брали за основу розрахунків вірні вихідні дані: наявність земного тяжіння на Землі; сезонність кліматичних умов; антропометричні параметри людей; існуючий рівень науково-технічного прогресу та засобів виробництва в промисловості; рівень розвитку будівельної індустрії; специфіку руху транспортних засобів (колісниць, карет), а пізніше – автомобілів на основі двигуна внутрішнього згорання тощо. Якщо трохи пофантазувати й уявити собі якими б могли бути сучасні міста, якби, наприклад, історія розвитку техніки пішла дещо іншим шляхом і всі види транспорту рухалися б лише на електромагнітних подушках, літаючи над землею. Імовірно, тоді кардинально змінився б загальний вигляд архітектури на різних рівнях: інтер'єр загальної кімнати був би орієнтований на вхід не з вітальні, а з боку балкону, де паркується авто; входи (в'їзди) були б не внизу, а переважно на покрівлі споруди, де був би влаштований спеціалізований майданчик; більша увага при проектуванні технологічних і

функціональних процесів приділялася б не горизонтальному, а вертикальному зонуванню споруд і комплексів; більш детально розроблявся б не фасад з боку головного входу, а загальний вигляд окремого будинку або цілісного ансамблю з висоти пташиного польоту.

Подібні фантазії не абстрактні, а цілком конкретні і дуже корисні, бо слугують не тільки заради студіювання послідовності процесу формоутворення й розвитку уяви майбутніх митців, але й цікаві з точки зору можливості випадкового виявлення нових форм, методів і прийомів організації штучного середовища. Будь-який процес творчого пошуку вдвічі корисніший та ефективніший, коли поєднується з **біотектонічним** моделюванням, яке, аналізуючи закони живої природи, підказує найбільш вдалі та виправдані у всіх відношеннях рішення. На більш високому рівні архітектури (містобудівному) деякі характерні риси живої природи (повторюваність явищ; закономірність їх чергування; повторюваність форм (часто симетрія), вузлів та їх деталей; відповідність змісту й форми; цілісність природних композицій тощо) трансформуючись, набувають великого значення в процесі пошуку нових ідей та композицій (рис. 93).

Як і в звичайній біоніці, в біотектонічному моделюванні міста майбутнього можна виділити свої рівні структури: мікроструктури (мікрокосмос) – окремих будинок (або споруда); мезоструктури – співвідповідні з мікрорайоном, районом, містобудівним ансамблем; макроструктури (макрокосмос) – це рівень великого міста, багаторівневого мегаполіса з виявленням можливих системних зв'язків з містами – супутниками тощо. Тут теж можна проводити відповідні аналогії з прототипами живої природи: будинок розглядається як елементарна частина цілісної системи (електрон, молекула ДНК); містобудівний ансамбль – як окрема частина тіла живого організму; а великий мегаполіс (на рівні аркології) асоціюється з окремою істотою, що символізує цілісну самодостатню систему, яка функціонує, живе й розвивається. У таких утвореннях спостерігаються ознаки генези справжнього живого організму – окремі частини його народжуються, існують, відмирають, а згодом на їх місці з'являються нові утворення, що проходять подібні цикли свого становлення й розвитку. Як змії скидають стару шкіру та у ящірок відростає новий хвіст, так і окремих будинок проходить відповідні стадії свого створення та регенерації аж до його руйнування й будівництва на його місці нової споруди або містобудівного ансамблю.

Цікавим є той факт, що в архітектуру часто приходять не тільки прийоми запозичення зовнішньої подібності форм, але й цілком адаптуються основні принципи внутрішньої (фізіологічної) організації роботи живих організмів. Так, наприклад, відомі словосполучення “свіжа кров” або “проточна вода” цілком передають принцип роботи в архітектурі більшості відкритих систем (електромережі, водопостачання, каналізації та ін.) Дійсно, якщо у водоймі немає проточних вод, вона легко перетворюється на болото.

А в архітектурі подібні **відкриті** універсальні системи дають настільки широкий спектр можливих планувальних рішень, що зодчі говорять про такі поняття, як **вільний** план і **вільний** фасад.

Процес біотектонічного моделювання передбачає три стадії аналізу: формальний (загальний об'єм); структурний (геометричний); пропорційний (математичний). Так, результатом **формального** аналізу є трансформація зовнішньої форми; **структурного** – виявлення особливостей внутрішньої будови; **пропорційного** встановлення пропорційних закономірностей побудови внутрішніх і зовнішніх частин цілісної форми, співвідношень між внутрішнім і зовнішнім простором.

Щодо архітектури, то перспективні напрями її подальшого розвитку (у зв'язку з прогнозованою глобалізацією) будуть характеризуватись **ускладненням, універсальністю і комплексністю** застосування великих містобудівних систем та ансамблів на рівні **аркології** (створення будівель і цілих міст майбутнього на основі врахування вимог екології, заощадження простору й збереження природи) [7, с. 28].

За останнє століття населення планети збільшилось в три рази, склало понад 6 млрд. осіб і продовжує стрімко рости. Особливо динамічно демографічна ситуація покращується в Китаї, Індії та країнах, що розвиваються. Половина з числа мешканців будь-якої країни – містяни, а в розвинутих країнах їх вже понад 70 відсотків. Таким чином, місто майбутнього й населення в ньому завжди буде пріоритетним об'єктом дослідження й вдосконалення **планетарних урбаністичних** процесів [53, с. 153]. І саме цікаве тут те, що зі збільшенням рівня урбанізації й глобалізації міської забудови, процеси всередині самої архітектури все частіше набувають ознак природних процесів (**самоутворення, авторегуляції**, розширення меж “росту”), якими одна людина (зодчий) вже не має фізичної змоги самостійно управляти й корегувати їх (рис. 94–95).

Розвиток міста – це двоєдиний процес перманентної реконструкції центральних (історичних) районів та інтенсивного росту нової забудови його периферійних районів, безперервне поглинання вільних територій ординарної житлової забудови. Темпи збільшення кількості нових міст не стільки значні порівняно зі зростанням існуючих. Містобудування – це планування та облаштування території. По суті це функціональний устрій з його трьома найголовнішими функціями: **жити, працювати, відпочивати** [53, с. 153]. Притаманне для містобудування зональне розподілення (зонування) – це процес, що має за мету визначити згідно з перспективним планом розвитку міста необхідні площі для кожного виду діяльності. Чітке функціональне (горизонтальне) зонування території міста – головний девіз Афінської хартії з її постулатами й канонами. Виправдана **щільність населення** повинна визначатись відповідно до форм житла, що обумовлені характером місцевості та містобудівною ситуацією. Щільність населення житлових районів великих міст в межах 450 чол/га.

Початок ХХІ століття ознаменувався періодом зародження нової архітектурно-містобудівної теорії “стійкого розвитку міст”, а саме:

- форма визначається функцією (форма залежить від змісту);
- форма обумовлена матеріалами, конструкцією, технологіями;
- форма визначається культурними традиціями, соціальною свідомістю і рівнем життя суспільства;
- форма залежить від індивідуальності автора.

У професійному середовищі зодчих було підготовлено й прийнято ІV Архітектурною міжнародною асамблеєю (АМАА – 1994 р.) концептуальні положення нової архітектурно-містобудівної теорії, яка визначає перспективний напрямок розвитку середовища існування – “людина – суспільство – природа”. Щоб вижити людство повинно віднайти нову “стійку” модель для свого подальшого розвитку. У розумінні демографів і урбаністів стійка модель розвитку – це задоволення потреб нинішнього покоління без обмеження можливостей майбутніх поколінь. Питання екології розглядаються як всеосяжні, що охоплюють широкий спектр проблем: захист навколишнього природного середовища, енергозбереження, збереження біологічного різноманіття та вирішення, власне, урбаністичних завдань [53, с. 162].

Еволюція теоретичних моделей і творчих напрямів у сучасній архітектурі здійснюється на основі таких принципів формоутворення: підвищення щільності населення й забудови; вертикальний (багаторівневий розвиток міських структур, чітке горизонтальне й вертикальне зонування територій); жорстке обмеження територіального розвитку поселень; інтегративний принцип формування архітектурних комплексів; збереження природних ресурсів (екологізація середовища існування); естетизація (гармонізація) середовища існування; обмеження масового повторення архітектурних морфотипів; збереження історичних цінностей; лібералізація нормування; перевага творчої складової об’ємно-просторового формоутворення над контролем тощо.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте зміст поняття “аркологія”.
2. Що таке архітектура майбутнього і як вона взаємопов’язана з параметрами людини?
3. Спрогнозуйте основні напрями перспективного розвитку архітектури майбутнього з огляду на специфіку й історію її попереднього становлення.

Література: 20, 23, 68.

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

1. **Історія** розвитку **біоніки** як науки.
 2. Роль **пропорцій** в гармонізації міської забудови.
 3. Найпростіший формальний **аналіз прототипів** живої природи за допомогою методів біоніки.
 4. **Оболонки** в природі і в архітектурі.
 5. **Пропорції** в природі й архітектурі висотних і великопрогонових будівель.
 6. **Середовище й архітектура.**
 7. **Колір у природі, дизайні й архітектурі.**
 8. Ергономіка та ергодизайн **трансформованих меблів та обладнання** в інтер'єрі. Архітектурна комбінаторика.
 9. **Біоніка** в ергодизайні перспективних транспортних засобів.
 10. **Архітектура, біоніка та ландшафт.**
 11. **Біодизайн** у формоутворенні штучного середовища.
 12. Архітектура майбутнього. **Біостиль** ХХІ–ХХІІ століть.
- (Примітка: виділено **ключові слова** кожного завдання.)

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття 1 Історія розвитку біоніки як науки

План

1. Короткий вступ до виконання практичної роботи.
2. Невеликий екскурс в історію розвитку біоніки і біодизайну.
3. Можливі шляхи реалізації проектних розробок.
4. Розповідь про порядок оформлення альбому робіт.

На аркуші ватману формату А3 у вигляді чотирьох ортогональних або перспективних зображень дослідити 3-4 пам'ятки мистецтва та архітектури (Давня Греція, Давній Рим, Відродження) з точки зору виявлення пропорційних закономірностей їх побудови та їх подібності з аналогічними системами в живій природі (рис. 1, 2). На форматці (аркуші ватману формату А3) необхідно виявити ритмометричні закономірності побудови кожного об'єкта дослідження та вказати на одному з них всі наявні в його структурі **засоби архітектурної композиції**: ритм (метр); симетрія (асиметрія), нюанс (контраст), співпідпорядкованість, пропорційність, співмасштабність (пропорціям людини), синтез мистецтв (рис. 2, 4). Роботу необхідно виконати в чорно-білій тушовій графіці

з розміщенням у верхньому лівому куті аркуша напису назви роботи (висота шрифту до 5 мм), а в правому нижньому куті – розмістити підпис, що засвідчував би групу та прізвище студента – автора дослідження (шрифт – 3 мм). Попередня клазура виконується в олівці та погоджується з викладачем. Шрифт підписів обирається окремо для кожної теми, згідно з вимогами композиції, естетики та теми завдань (рис. 121).

Література: 3, 8, 12, 39.

Практичне заняття 2

Роль пропорцій в гармонізації міської забудови

План

1. Розповіді викладача про порядок виконання роботи.
2. Історія розвитку методу пропорціонування в дизайні.
3. Ознайомлення з вимогами до оформлення робіт.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

На основі попередньо проведеного дослідження (рис. 2–4) і збору необхідного матеріалу здійснити невеликий ескізний проект гармонізації міської забудови однієї з обраних вулиць столиці в її історичному центрі. Форпроект передбачає виконання двох ортогональних зображень однієї й тієї ж вулиці до реконструкції (реставрації) і після її здійснення. Окрім того, в роботі необхідно використовувати прийоми й методи, запозичені в живої природи: симетрію, тектонічність фасадів, обтічність форм, пластику сумарного абрис-контур також можливі стильові закономірності, що проявляються в деталях і елементах фасадів та перенести їх особливості на оновлену композицію фасадів (рис 10–12). Форпроект виконується в графіці і в кольорі з використанням сучасних методів і матеріалів (рис. 12, 109, 110). Мета роботи – студіювати гармонізацію фасадів за допомогою методики пропорціонування та навчитись використовувати її в реконструкції, разом з іншими засобами архітектурної композиції.

Література: 1, 7, 17, 72.

Практичне заняття 3

Найпростіший формальний аналіз прототипів живої природи за допомогою методів архітектурної біоніки

План

1. Короткий зміст лекцій і порядок виконання роботи.
2. Зміст формального аналізу біопрототипів в архітектурі.
3. Порядок виконання біотектонічного моделювання.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

На аркуші ватману формату А3 за допомогою шести ортогональних проєкцій необхідно здійснити біотектонічний аналіз двох обраних **прототипів живої природи**. При цьому, перше зображення кожного з обраних варіантів – сам елемент живої природи (квітка, мушля, панцир, зірка); друге – це його геометрична, формальна або пропорційна аналітична модель попереднього прототипу; третє – це, власне, остаточна композиція будь-якої будівлі, втілена у формі житлової або громадської споруди (рис. 19–24). У роботі повинні бути проілюстровані основні етапи архітектурно-біонічного процесу моделювання (“прототип” – “модель” – “проект”) на основі формальної подібності прототипу й отриманої архітектурної моделі, притаманні проектуванню: біотектонічний аналіз, біонічне моделювання, робоче проектування (рис. 104). Робота виконується в кольорі з обов’язковим обведенням зображення тушшю (пером) або рапідграфом.

Література: 9, 16, 37, 39, 50.

Практичне заняття 4 **Оболонки в природі та в архітектурі**

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Особливості роботи оболонок в природі, архітектурі й дизайні.
3. Розвиток композиції за участю оболонок.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Робота виконується на аркуші ватману формату А3 як мініпроект з трьома ортогональними проєкціями і одним перспективним зображенням варіанта можливого використання оболонок як природної форми в архітектурі (рис. 36–40). Оболонкові форми як системи покриттів подвійної кривизни здебільшого використовуються в громадських будівлях і спорудах **зальної** структури, де форма оболонок органічно перекриває великопрогонові універсальні приміщення (спортзали, ангари, театри, цирку, концертні зали, цехи тощо). У проєкті можуть бути розглянуті оригінальні ідеї шкаралупоподібної форми малоповерхового житла (фасад, розріз, план, перспектива) та можливі прийоми його блокування в цілісний ансамбль з сусідніми будинками (рис. 41–43). Ідея подібного будинку цілком може бути пов’язана з проектуванням житла майбутнього біля узбережжя моря, річки або високо в горах (за Ю. С. Лебедєвим). Необхідно використовувати всі відомі засоби композиції, такі як **масштабність** з обов’язковим виконанням ергономічних вимог розташуванням умовної фігури людини в будівлі й поряд з нею (в інтер’єрі і в екстер’єрі). Можливе виконання макета оболонки (рис. 105–107).

Література: 8, 39, 66.

Практичне заняття 5

Пропорції в природі й архітектурі висотних і великопрогонових будівель

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Особливості вертикальної й горизонтальної композиції природних прототипів.
3. Зміст поняття конструктивно-тектонічних систем.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Результати самостійної роботи з вивчення різних **конструктивно-тектонічних систем** в живій природі і в архітектурі повинні знайти своє відображення на аркуші ватману формату А3. У межах цього невеликого формату студентам необхідно детально розглянути послідовний процес переходу від аналізу вертикальних прототипів живої природи (таких, як стеблини злакових рослин, крони дерев, перетинки листя тощо) через біотектонічне моделювання (модель “біотектона” за Ю. С. Лебедевим) до надсучасних хмарочосів, висотних будівель, телевеж, радіовеж тощо (рис. 45, 46). Крім того, в рамках студіювання теми конструктивно-тектонічних систем можна розглянути ідеї з горизонтальною композицією фасаду (вантові, оболонкові, перехресно-стрижневі та стільникові системи тощо) споруд, акведуків, мостів або розгортки по вулиці, що вирізняються своєю пропорційною системою, цілісністю та ансамблевістю. Починаючи з цієї роботи, студенти можуть дозволити собі використовувати відомі споруди та пам’ятки архітектури (такі, як готель “Парус” в м. Дубай) як “вихідні” моделі в розробці власних ідей і композицій, а також використовувати різні пропорційні системи, пропорціонування як метод гармонізації, “золотий перетин” тощо.

Дисципліна “Біоніка в дизайні середовища” має власний практичний цикл виконання самостійних вправ, який ставить за мету прищепити студентам реальні навички у використанні й вільному оперуванні закономірностями формоутворення й засобами композиції та створенні об’ємно-просторових рішень вертикальних структур. Необхідно визначити поняття тектоніки, структурно-функціональної побудови вертикалі, вибір оптимального композиційного рішення (рис. 47, 48). Практичне опанування природної форми з наочним виявленням динаміки висотної структури, веретеноподібної форми з демпферними вузлами проти коливань. Завдання спрямоване на усвідомлення роботи пружно-гнучких вертикальних систем, можливості паперових матеріалів для макетування, а також розвиток естетичних вимог і критеріїв гармонійного поєднання архітектурних мас у дизайнерських пошуках нових форм.

Завдання спрямоване на поглиблене обміркування можливостей раціональної побудови форми за аналогією з природними прототипами. Практичні вправи на об’ємній структурі дозволяють реально й безпосередньо оцінити

ступінь технологічної (макетної) складності, що виникає при формуванні несучих оболонок та конструктивних вузлів, але водночас привчає до вимогливості на утримання рівня якості штучного моделювання, виконаного в домашніх умовах. Особливу увагу студенти мають звернути на отримання цілісної структури вертикального об'єму. Естетична досконалість форми визначається, передусім, утіленням у ній стильових тенденцій формоутворення живої стеблової рослини, втіленням краси форми живої природи, принципів композиційної побудови (рис. 50, 52).

Вправа поєднує два взаємно протилежні за змістом завдання, одне з яких спрямоване на гармонізацію об'єму й знаходження геометричних властивостей побудови форми. Під геометричними властивостями форми студенти повинні розуміти співвідношення основних параметрів, розміри по всіх напрямках розвитку форми, пропорції між елементами, характер контурних, силуетних ліній, формотворчі основи орієнтації в просторі тощо. Саме за їхньою допомогою формуються головні естетичні властивості зовнішнього вигляду, досягається естетичний результат творчої діяльності. Процес формоутворення в цьому завданні пов'язаний з геометричним осмисленням композиції, побудованої на закономірностях живої природи.

Література: 1, 3, 17, 37, 71, 72.

Практичне заняття 6. Середовище і архітектура

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Середовищний підхід в класифікації природних прототипів.
3. Особливості виконання роботи в різних природних середовищах.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Ця практична робота надзвичайно цікава для студентів з точки зору вивчення впливу природно-кліматичних умов і середовища на архітектурну біоніку та на архітектуру. На аркуші ватману формату А3 в шести ортогональних проєкціях (можливо перспективах) передати ідею середовищного взаємозв'язку “середовище – модель – архітектура”. Спочатку необхідно розглянути три з п'яти обраних середовища (земля, підводний світ, вода, повітря, космос тощо) і представника флори або фауни, що, на думку студента, найкраще презентує сформовану тисячоліттями притаманність до цього середовищного оточення (наприклад: “повітря – птах”, “вода – риба” тощо) (рис. 50, 99). На другій позиції має бути модель предмета або об'єкта, що був створений у цій галузі людиною, існує в цьому середовищі, але не має відношення до архітектури (“повітря – літак”, “вода – яхта”, “вода – підводний човен” тощо). На третій завершальній стадії роботи необхідно запроєктувати своє бачення змодельованого архітектурного об'єкта, що найкращим чином підходить до цього середовища, з обов'язковим зображенням

невеликої схеми його планувальної структури (аеропорт, річковий вокзал, готель, торгово-розважальний центр тощо). Робота виконується в графіці й в кольорі із застосуванням різноманітних технік подачі (рис. 102).

Відповідно до викладеного матеріалу необхідно виконати таке завдання. У лівій частині форматки зобразити обрану, яку студент вважає за потрібне, природну форму, а потім, у правій частині аркуша необхідно дати свою інтерпретацію даної форми, трансформованої в архітектурному середовищі. У центральній частині аркуша зображується перехідна модель від природного прототипу до проєктованого об'єкта (предмета) на основі його формального, середовищного, пропорційного або морфологічного аналізу. Інформацію можна презентувати через перспективний рисунок природної та архітектурної форми, що якнайкраще дозволять розкрити задум автора. Всі виконані студентами таким чином роботи повинні мати невеличке зображення **схеми** плану проєктованого об'єкту на вільному полі аркуша ватману. Робота виконується в кольорі та графіці.

Література: 9, 11, 12, 19, 37.

Практичне заняття 7 **Колір в природі, дизайні та архітектурі**

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Роль кольору в живій природі.
3. Особливості використання кольору в дизайні й архітектурі.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Всі базові закони композиції стосуються, здебільшого, **форми, фактури та кольору** в архітектурі та дизайні. Мета роботи – відслідкувати шляхи та інструментарій трансформації від захисних (маскувальних) функцій **кольору** в живій природі до естетичних (оздоблювальних) психофізіологічних та інформаційних в архітектурі фасадів, будівель і споруд, інтер'єрних приміщень, дизайні різних речей (рис. 97–99). На аркуші формату А3 необхідно зобразити об'єкти-прототипи, взяті із живої природи, а також похідні від них предмети дизайну (каблучки, прикраси, одяг, стайлінг, дорожні й грошові знаки, авто, літаки тощо) та будівлі із застосуванням різних засобів композиції (таких як нюанс та контраст) щодо кольору та кольорової гами їх вирішення. Обов'язкове застосування **семи** основних кольорів (рис. 60, 61). Так, нюанс або контраст композиції обраної форми необхідно “підтримати” **нюансом** або **контрастом** підбраної кольорової гами, яка допомагає передати основну ідею твору та його композиційне рішення.

Література: 37, 39.

Практичне заняття 8
Ергономіка й ергодизайн
трансформованих меблів і обладнання в інтер'єрі
(архітектурна комбінаторика)

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Комбінаторика трансформованих меблів і обладнання.
3. Особливості проектування й експлуатації трансформованих меблів.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Ключове слово цієї роботи – *ергодизайн*. Мета роботи – навчити студентів проектувати комплект (гарнітур) меблів в приміщенні на вибір: житлової кімнати, їдальні, офісного приміщення або за аналогіями іноземних дизайнерів – розробити модуль-трансформер мебльованої кімнати майбутнього (дизайнер Д. Коломбо) тощо. Ергодизайн може стосуватись не меблів, а дизайну інших елементів побуту й житла: ПК, розробки комплекту офісної або побутової техніки, зручних освітлювальних приладів, ноутбуків майбутнього тощо (рис. 25–28). Приміром, студент може розробити сумку-чохол для набору-комплекту сучасної цифрової техніки: ноутбука, айфона, смартфона, косметички (для дівчаток), фотоапарата, ключів від квартири тощо. Ергономічні особливості побудови зон зручності й доступності для користувача (оператора) сучасних гаджетів необхідно зобразити сучасними графоаналітичними методами інженерної графіки, радіусами повороту голови, руки, ноги тощо.

Література: 8, 9, 19, 44, 61, 46, 54.

Практичне заняття 9
Біоніка в ергодизайні перспективних транспортних засобів

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Критерії “користі-міцності-краси” в технодизайні.
3. Зміст технодизайну й біодизайну в проектуванні.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Завдання передбачає розробку дизайну прогресивних транспортних засобів з урахуванням антропометричних параметрів людини та з використанням обтічних біонічних форм або аналізу структури побудови прототипу живої природи. Вибір студента може зупинитись на розробці сучасної яхти (у вигляді обтічної форми “риби”, “лялечки”), монорельсового трамвая, швидкісного потяга, космічного корабля, гоночного автомобіля, мотокросовера тощо (рис. 3–78, 89, 103). Головна мета й умова цього дизайнерського завдання – щоб робота не повторювала будь-які попередні розробки, однак максимально відповідала основним ергономічним вимогам і законам фізики, динаміки,

критеріям “**користь – міцність – краса**” в рамках системи “людина – машина – середовище”. Робота komponується на аркуші А3, виконується в графіці, поєднаній з іншими техніками подачі та передбачає наявність фасаду, плану, розрізу та перспективи, співмасштабних пропорціям людини.

Література: 37, 39, 45, 54.

Практичне заняття 10 **Архітектура, біоніка і ландшафт**

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Ландшафт – унікальна складова органічної архітектури.
3. Роль конфігурації рельєфу в формуванні ландшафтної архітектури.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Запропонована робота, як і всі попередні, виконується на аркуші ватману формату А3 з окресленим або умовним полем (1–1,5 см) умовної “рамки” по периметру загальної композиції зі значним відступом зліва (3 см) для того, щоб потім зшити її в спільний альбом робіт за семестр. **Напис** виконується в лівому верхньому, а **підпис** – у правому нижньому куті форматки (хто виконав роботу, номер академічної групи). Завданням передбачається виконання на одному аркуші чотирьох великих **туристичних готелів** (по 500 номерів кожен) поблизу моря (з використанням **нюансу** й **контрасту** як засобів архітектурної композиції) на **рівнинному** та **гірському** ландшафті (рис. 80, 80б). Таким чином, чотири ортогональних зображення (можна застосовувати “французьку” перспективу) повинні бути гармонійно закомпоновані з невеликими схемами планів до кожного варіанту (з розміщенням на плані схеми розташування коридорів, рецепції, рекреацій, готельних номерів, ресторану, обслуговування поверхів тощо). Оформлення роботи передбачає вільний вибір графічної подачі ідеї туристичного готелю, з прокладанням фону кольором і обведенням композиційної ідеї в графіці.

Література: 11, 37.

Практичне заняття 11 **Біодизайн у формуванні штучного середовища**

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання ескізів.
2. Роль біодизайну у формуванні штучного середовища.
3. Приклади вирішення проблем побутової біоніки.
4. Консультація ескізів попередніх і оцінка вже виконаних робіт.

Завдання цієї форматки є досить довільним для студента, бо в ній він зможе завершити ті ідеї використання біодизайну у формоутворенні будь-якого штучного середовища, які він не зміг реалізувати в попередніх роботах. На цьому практичному занятті необхідно вийти за рамки суто архітектурних проблем та спробувати розробити декілька невеликих мініпроектів (форпроектів) дизайну предметів з інших сфер людської діяльності: ювелірних прикрас (каблучок, намиста), одягу, побутової техніки (пральних машин, пилососів), підручників, комп'ютерних “мишок”, системних блоків, моніторів, планшетів, мобільних телефонів тощо, але з попереднім використанням “моделей” природних прототипів, форма яких сподобалась і захопила автора ідеї (рис. 97, 100, 101). Мета роботи – закріпити набуті протягом семестру теоретичні знання студента в галузі біонічного формоутворення, розвинути абстраговане мислення, уяву й поліпшити його дизайнерські практичні навички в способах графічно-художнього дизайну та презентації власних творчих ідей і задумів.

Література: 8, 12, 16, 19, 45, 46, 50, 54, 67.

Практичне заняття 12

Архітектура майбутнього. Біостиль XXI–XXII століть

План

1. Короткий зміст лекції та особливості виконання альбому форматок.
2. Формування архітектури майбутнього.
3. Напрями перспективного розвитку аркології.
4. Підготовка до оцінки та оформлення альбому форматок.

Це практичне заняття – своєрідний підсумок проведених практичних занять за семестр з дисципліни “Біоніка в дизайні середовища”. Набуті знання студента, вміння абстраговано мислити, фантазувати та реалізувати свої творчі ідеї та задуми на папері мають бути втілені в цій роботі. У масштабі значного зменшення необхідно продемонструвати своєрідне **вирішення** містобудівних проблем майбутнього (перенаселення Землі) шляхом розробки своєрідної глобальної архітектури на рівні **аркології**: на землі; під землею; над землею (“місто – міст”, “місто – естакада”); в повітрі (“місто – космічний корабель”); в космосі, у воді тощо (рис. 94–95). Синоніми завдання даної роботи: “архітектура майбутнього”, “мегаполіс майбутнього”, “біостиль XXII століття”. Згідно із завданням необхідно розробити місто майбутнього на 0,5 – 1 млн. жителів, з чітким функціональним зонуванням **житлової, виробничої та комунікаційної** зони агломерації. Ідею можна передати через розгортку фасадів, ансамблю забудови, генеральний план та загальний вигляд глибинно-просторової композиції тощо [53]. В кінці ілюстративного матеріалу додаються також приклади оформлення та виконання студентських робіт з біотектонічного моделювання (рис. 97–108).

Література: 9, 11, 16, 19, 29, 52.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Вплив гравітаційного поля, інсоляції, вітру, температури на структуру рослин (морфологію) і їх форму.
2. Плaskі диференційовані біонічні структури та їх аналоги в архітектурі.
3. Взаємозв'язок середовища існування (клімату) з зовнішньою біонічною формою. Аналогії в архітектурі й дизайні.
4. Покривні тканини рослин і їх аналоги в огорожувальних конструкціях будівель і споруд.
5. Гідростатичні та аеростатичні біонічні структури і системи, їх аналоги в дизайні та архітектурних конструкціях.
6. Вплив клімату місцевості на біотектонічне моделювання архітектурної форми.
7. Процеси самоутворення й авторегулюючі властивості в живій природі та їх аналоги в архітектурі та дизайні.
8. Оболонки в архітектурі та їх прототипи в живій природі. Класифікація оболонок.
9. Біоніка як наука. Її роль та місце в штучному формоутворенні предметного середовища.
10. Взаємозв'язок конструкції, функції та архітектурної форми.
11. Способи моделювання в біодизайні. Біотектонічне моделювання.
12. Проілюструвати шлях **біоніки** від **функції й форми** в живій природі до **функції й форми** в архітектурі й дизайні.
13. Шлях біотектонічного моделювання через формулу “біоформа – модель – конструкція”.
14. Закони живої природи та їх трансформація в штучному формоутворенні (архітектурі).
15. Основні аспекти біотектонічного моделювання.
16. Особливості авторегулюючих властивостей в живій природі та їх структурні видозміни в архітектурному формоутворенні.
17. Види формальної та архітектурної композиції. Об'ємна композиція в природі й архітектурі.
18. Особливості покривних тканин та захисні властивості огорожень будинків (зовнішні навісні панелі, панелі покриття й перекриття).
19. Засоби архітектурної композиції в штучному формоутворенні. **Ритм і метр** у живій природі та архітектурі.
20. Особливості пропорційного формоутворення в живій природі і в історії архітектури. Приклади “золотого перетину” в природних прототипах.

21. Види формальної композиції. Об'ємно-просторова композиція в живій природі та в архітектурі.
22. Прототипи **вантових** систем у живій природі і їх застосування в архітектурі будівель і споруд.
23. Види формальної композиції. Глибинно-просторова композиція в живій природі і в архітектурі.
24. Прототипи **оболонкових** систем у живій природі, їх класифікація та застосування в архітектурі зальних будівель.
25. Засоби архітектурної композиції в штучному формоутворенні. **Симетрія** та **асиметрія** в живій природі й архітектурі (дизайні).
26. **Великочарункові** й **дрібночарункові** системи в живій природі та в архітектурі, їх трансформація в **зальному** громадському й **житловому** дрібночарунковому будівництві.
27. Засоби архітектурної композиції в штучному формоутворенні. **Контраст** і **нюанс** у живій природі і в архітектурі (на гористому та рівнинному рельєфі).
28. Особливості "**роботи вздовж форми**" **стільникових** систем та **оболонк-шкаралуп**.
29. Основні **види** геометрії природних **оболонк**.
30. Архітектура майбутнього у творчості **Паоло Солері**.
31. Художньо-композиційні основи біодизайну. Геометрична формалізація біопрототипів (на прикладах творчості Нормана Фостера).
32. Види **пласких** диференційованих **систем** у природі, перехресно-стрижневі системи та фрактали в архітектурі (П.-Л. Нерві).
33. Способи моделювання в біодизайні. Імітаційні моделі та об'ємні макети.
34. Дія сили тяжіння. Конус "зросту" та конус "тектонічної стійкості" у формоутворенні (приклади творчого спадку О. Німейера).
35. Способи моделювання в біодизайні. Образне об'ємне моделювання.
36. Особливості пропорціонування у формоутворенні споруд з вертикальною композицією фасаду ("Біотектон", за дослідженням Ю. С. Лебедева).
37. Способи моделювання в біодизайні. Графо-математичне моделювання.
38. Особливості конструктивної структури й форми стеблин рослини та їх трансформація в стійково-балкових системах.
39. Способи біотектонічного аналізу природної форми: формальний (форма), геометричний (пропорції), морфологічний (структура).
40. Опорні системи живого світу та їх трансформація методами біотектонічного моделювання в **стійкові**, **балкові** та **рамні** системи.
41. Аспекти біотектонічного моделювання. Природно-кліматичний аспект.

42. Особливості використання механічних властивостей живої форми в архітектурній творчості Паоло Солері.

43. Аспекти біотектонічного моделювання. Естетичний аспект. Пневмоспори.

44. Тонкостінні об'ємно-просторові структури в живій природі та в конструкціях інженерів П.-Л. Нерві, Ф. Отто, П. Солері.

45. Аспекти біотектонічного моделювання. Конструктивний аспект.

46. Механічні властивості рослинних тканин і їх трансформація в будівлях і спорудах.

47. Найбільш розповсюджені види просторово-геометричних форм у: **мікрокосмосі, макрокосмосі та в мезоструктурах.**

48. **Функціональні зв'язки, ізоляція, саморегуляція, колір, світло і акустика** в живій природі та в штучному формоутворенні (у дизайні й архітектурі).

49. Значення **кольору** в живій природі і в штучному формоутворенні. Трансформація його ролі в системі “форма – фактура – колір”.

50. Стільникові системи з правильних шестикутників як прототипи тонкостінних оболонок в архітектурі.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

АНАЛІЗ (грец. *ἀνάλυσις* – розчленування) – метод наукового дослідження (тісно пов'язаний з синтезом), розділення єдності на множину, цілого на його частини (наприклад, аналіз архітектурного середовища), складного на його компоненти, лежить в основі аналітичного метода. Види **А.:** *простий, складний, кількісний, системний* (поєднання методів і засобів у дослідженні; *логічний* (залежно від логічних співвідношень); *пофакторний* (порівняння однотипних факторів); *елементарний* (аналіз частин єдиного цілого, у співвідношенні один до одного й до цілого); *категоріальний* (що досліджує природу категорій).

АНАЛІЗ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА – визначення архітектурно-художніх особливостей забудови відповідно до законів архітектурної композиції.

АНСАМБЛЬ АРХІТЕКТУРНИЙ (фр. *ensemble* – разом) – гармонійне розміщення та оздоблення приміщень в окремій споруді, комплекс будинків і споруд, пов'язаних єдиним архітектурним задумом, в сукупності яких наявна естетична та ідейна цілісність образу (будинок Держпрому у Харкові, 1925 – 1929 рр.). Основою **А. а.** є функціональний взаємозв'язок і єдність архітектурних споруд, що входять до комплексу.

АНСАМБЛЬ В АРХІТЕКТУРІ – гармонійна єдність різноманітності архітектурних форм, які утворюють локальне просторове середовище – фасад будинку, площу, вулицю, центр міста, промисловий комплекс. **Ансамбль** формується на основі спільності прийомів і засобів **композиції архітектурної:**

АНТРОПОМЕТРІЯ (грец. *ανθρωπος* – людина, *μετρεω* – міряти) – метод дослідження в антропології, який ґрунтується на вимірюванні частин людського тіла з метою подальшого застосування результатів цих досліджень у створенні нових предметів і об'єктів штучного простору. Оскільки людина є мірою всіх речей, досягнень науки й техніки, дані вимірювання використовуються проектувальником для оптимізації форми або конструкції, яка повинна прислужитись людині. Результати вимірювань, оброблені методами варіаційної статистики, застосовуються в дизайнерській роботі на основі трьох основних типів вимірювань: лінійних, кутових та по дузі кола.

АРКОЛОГІЯ (архітектура + екологія) – розділ архітектури, який розробляє методи зведення великих, самодостатніх, добре спланованих, багаторівневих конструкцій (*гіперструктур*), що можуть вмещувати будівлі й навіть цілі мікрорайони й міста, заощаджуючи простір і зберігаючи природу та зменшуючи негативний вплив поселень на довкілля. Гіперструктури також називаються *аркологіями*.

АРХІТЕКТУРНА КОМПОЗИЦІЯ – наука про мистецтво гармонійного поєднання архітектурних об'єктів, їх деталей і фрагментів в довершену й цілісну об'ємно-просторову й функціонально-планувальну структуру, поєднання об'ємів, форм, фактур, колористики, що приведені до єдиного стилю.

ГАРМОНІЯ (грец. *ἀρμονία* – злагодженість, співзвучність) – цілісність, стрункість, органічна єдність всіх частин цілого й деталей художнього твору, внутрішня й зовнішня впорядкованість, узгодженість, цілісність явищ і процесів. **Гармонія** в естетиці – одна з ознак **прекрасного**, що характеризує цілісність, ієрархічність, співвідношення і відповідність змісту й форми естетичного об'єкта.

ГЕНЕЗИС (грец. *γένεσις* – походження, становлення) – походження, виникнення, розвиток в архітектурній творчості, що виявляє її основні перспективні тенденції й напрями розвитку.

ДИЗАЙН (англ. *design* – проект, оформлення,) – художнє конструювання предметного або архітектурного середовища, специфічна сфера діяльності людини з розробки (проектування) предметно-просторового середовища як у цілому, так і окремих його компонентів з метою надання результатам проектування високих споживацьких та естетичних властивостей, оптимізації та гармонізації предметного середовища, що задовольняє зростаючі естетичні, економічні та соціальні потреби людини й суспільства.

ДИЗАЙН СЕРЕДОВИЩА – проектування великих предметних комплексів, що охоплюють взаємовідносини людини з навколишньою природою та штучним предметно-просторовим оточенням для створення гармонійного середовища.

ДИНАМІЧНІСТЬ ФОРМИ – закономірна й послідовна зміна будь-яких пропорцій і властивостей форми в одному напрямку в межах цієї форми.

ЕРГОНОМІКА – наука, що виникла на стику технічних дисциплін з науками про людину, вивчає функціональні параметри можливостей людини (фізичні, нервові та психічні) в трудових процесах та виявляє закономірності створення оптимальних умов високоефективної життєдіяльності людини. Головна мета ергономіки – наукове обґрунтування вимог, що забезпечують оптимальне функціонування систем шляхом розподілу функцій між оператором, машиною та середовищем.

ЕСТЕТИКА – наука про загальні закономірності художнього освоєння дійсності людиною, про суть і форми відображення дійсності й перетворення, впорядкування життя за законами краси, про роль мистецтва в розвитку суспільства.

ЗНАК – матеріальний, почуттєво сприйнятний об'єкт (предмет, форма, явище, дія), що репрезентує інформацію про його якості (архітектурний об'єкт, реклама, візуальні комунікації тощо).

“ЗОЛОТИЙ ПЕРЕТИН” – гармонійне співвідношення величин, в математичному вираженні 1:1,618 або 0,618:1, що застосовується в пропорціонуванні й отримало підтвердження в живій природі й у пропорціях людини. **З. п.** – поділ довжини відрізка в крайньому та середньому відношенні так, що більша з частин є середнім геометричним між меншою частиною (її довжиною) та довжиною всього відрізка.

КАРКАС – система взаємопов’язаних вертикальних і горизонтальних несучих конструкцій будівель і споруд.

КОМПОЗИЦІЯ (лат. *compositio* – складання, розміщення) – будова, структура, система об’єднавчої побудови архітектурних, художніх творів, спрямована на отримання гармонійного сполучення різних частин, на досягнення цілісної та образної завершеності. Цей термін вживається в естетиці: по-перше, як естетична організація твору в процесі його дизайнерського виконання; по-друге, як результат такої діяльності у вигляді твору, що характеризується певними художніми особливостями.

КОНТРАСТ (франц. *contraste* – протилежність) – чітко виражена різниця, протилежність, різка відмінність будь-якої якості на межі протиставлення: 1) чітка різниця, протилежність у чомусь; 2) **к.** оптичний – відмінність за яскравістю й кольором світлих і темних ділянок об’єктів або їх зображень; 3) різниця між переважаючою лінійною структурою фонові забудови й структурою домінуючого елемента (акцента) тощо.

ЛОГОТИП (грец. *Λόγος* – слово + *τύπος* – відбиток) – коротке графічне або текстове зображення, яке має на меті символічне позначення фірми, її продукту, знаку, товарного знаку тощо.

МАКЕТ – просторове, матеріальне втілення, створення дизайнерського об’єкта з різних матеріалів у зменшеному масштабі.

МЕГАПОЛІС – об’єднання населених міст в єдину систему зі збереженням адміністративної самостійності в складі одного муніципального об’єднання і характерної структури їх організації.

МОДЕЛЬ – зразок певного масштабу, образний аналог персонажа майбутнього твору, копія для тиражування, експериментальний прототип майбутнього об’єкта, створений умовно в зменшеному масштабі для можливості подальшої розробки пластики його форм і фасадів. **М.** – матеріальний (або ідеальний) об’єкт або система, який у заданих умовах замінює інший об’єкт (систему), відтворюючи, імітуючи або відображаючи певні властивості й характеристики цього іншого об’єкта (оригіналу).

МОРФОЛОГІЯ (грец. – *μορφή* – вид, форма + *λόγος* – слово, наука) – наука про форму, наука про динамічно цілісні форми і їх розвиток в живій природі й стосовно теорії архітектурного формоутворення.

ОБ'ЄКТ – неодухотворений предмет, філософська й архітектурна категорія, що відображає те, що протистоїть суб'єкту в його предметно-практичній і пізнавальній діяльності.

ОРГАНІЧНА АРХІТЕКТУРА – напрям в архітектурі ХХ ст., який ставив за мету створення таких будівель і споруд, форма яких впливала б з їхнього призначення й конкретних умов середовища, подібно до форм природних організмів (Л. Саллівен, Ф. Л. Райт, А. Аалто, Б. Дзеві та ін.).

ПНЕВМАТИЧНІ КОНСТРУКЦІЇ – конструкції на основі надлишкового тиску, що створюється в оболонці і надає архітектурному об'єкту необхідної форми.

ПРОПОРЦІЇ (співвідношення) – розмірність, співвідношення між спорудами в ансамблі, між будівлями та їх частинами, між частинами та їх фрагментами, між якими можна прослідкувати чіткі або неявно виявлені співвідносні закономірності.

ПРОПОРЦІОНУВАННЯ – вироблені людством впродовж тисячоліть певні **пропорційні системи**, які застосовувались і яких дотримувались у процесі проектування й будівництва. В умовах сучасного урбанізованого ландшафту **п.** набуває нових форм і значення. **П.** – процес експериментального проектування, який містить дослідження пропорційних закономірностей існуючої архітектурної композиції з метою їх застосування в гармонізації співвідношень між даною композицією і новим елементом (елементами).

ПРОТОТИП – зразок виробу зі схожою функцією, який є вихідним засобом при аналізі чи виробленні проектної ідеї, першоджерело для стартових досліджень зовнішньої форми й внутрішньої структури об'єкта.

СЕМАНТИКА (грец. *σημαντικός* – означення) – розкриття змісту, який втілюється в архітектурі й мистецтві пластичними формами, просторовими осередками, їх сполученнями.

СЕМІОТИКА (грец. *σημειωτικός* – знак, ознака) – вчення про (графічні) знаки й ряди знакових форм.

СИМВОЛ (грец. *σύμβολον* – прикмета, ознака) – умовний розпізнавальний знак. **Символіка** – вчення про зміст і види символів, використання символів в створенні архітектурної форми.

СИНТЕЗ (грец. *σύνθεσις* – з'єднання) – метод наукового дослідження явища в його єдності та взаємному зв'язку частин, узагальнення, зведення в єдине ціле даних, здобутих аналізом.

СИСТЕМА (грец. *σύστημα* – складання) – сукупність елементів, певним чином пов'язаних між собою і утворюючих деяку цілісність, характеризується особливостями: цілісністю; структурністю; взаємозалежністю системи і середовища; ієрархічністю.

СТРУКТУРА (лат. *structura* – будова, порядок, зв'язок) – взаєморозміщення складових частин чого-небудь (системи), внутрішня будова чогось, певний взаємозв'язок складових частин цілого.

СУБ'ЄКТ – носій предметно-практичної діяльності і пізнання, джерело активності, спрямованої на об'єкт.

ТЕКТОНІКА (грец. *τεκτονική* – будівельна справа) – мистецтво будувати, художнє вираження закономірностей конструктивного строю будівель, споруд; співвідношення краси й міцності архітектури; будова, структура споруди, зумовлена естетичною оцінкою, характером матеріалу й конструктивною роботою системи. **Т.** – це художнє вираження роботи матеріалу.

ТРАНСФОРМАЦІЯ – перетворення, зміна форми, виду, властивостей чого-небудь, внутрішньої структури або зовнішніх ознак.

ФІРМОВИЙ СТИЛЬ – візуальна ідентифікація, стильова єдність елементів фірми, яка поширюється від середовища до продукції фірми.

ФОРМА (лат. *forma* – зовнішність, устрій) – спосіб існування змісту; як конкретний прояв образності, внутрішня організація змісту, **структура** внутрішньої функції, що має свій прояв у зовнішньому об'ємі. **Ф.** – зовнішня оболонка, що в архітектурі відповідає функції, а в мистецтві – внутрішньому змісту твору, переважно категорія візуального сприйняття об'єкта, зовнішнє виявлення його призначення, змісту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Авксентьев В. Л. Архитектурная пропорция / В. Л. Авксентьев. – К. : Будівельник. – 1986. – 96 с.
2. Александров В. Г. Анатомия растений / В. Г. Александров. – М. : Наука, 1966.
3. Асташенков П. Т. Что такое бионика / П. Т. Асташенков. – Серия “Научно-популярная библиотека”. – М. : Воениздат, 1963. – 88 с.
4. Архитектурная бионика / под ред. Ю. Лебедева. – М. : Стройиздат, 1990. – 269 с.
5. Ахметов У. Ш. Методологические вопросы бионики / У. Ш. Ахметов. – Казань : изд-во Казанск. ун-та, 1977.
6. Бартенев И. А. Форма и конструкция в архитектуре / И. А. Бартенев. – Л. : Стройиздат. – 1968. – 128 с.
7. Безродний П. П. Архітектурні терміни : короткий російсько-український тлумачний словник / П. П. Безродний ; за ред. В. В. Савченка. – 2-е вид., випр. і допов. – К. : Вища школа. – 2008. – 263 с.: іл.
8. Божко Ю. Г. Архитектоника и комбинаторика формообразования : учебник / Ю. Г. Божко. – К. : Вища школа, 1991. – 245 с.: ил.
9. Борисовский Г. Б. Наука, техника, искусство / Г. Б. Борисовский. – М. : Наука, 1969.
10. Бурау И. Я. Загадки мира цифр / Я. И. Бурау. – Симферополь : Сталкер, 1977. – 448 с.
11. Вернадский В. И. Биосфера / В. И. Вернадский // Избранные сочинения. – Т. 5. – М. : Академия наук СССР, 1960. – С. 23.
12. Вилин К. Биология / К. Вилин. – М. : Мир, 1975.
13. Виноградов Я. П. Проблемы цвета в архитектурном образовании // Я. П. Виноградов // Архитектура СССР. – 1981. – № 10. – С. 20–22.
14. Виоле-ле-Дюк. Беседы об архитектуре / Виоле-ле-Дюк. – М., 1937. – Т. 1.
15. Витрувий. Десять книг об архитектуре / Витрувий. – М. : Стройиздат, 1936.
16. Волчок Ю. П. Прогнозирование техники многоярусных структур на основе бионического метода // Проблемы формообразования в современной архитектуре / Ю. П. Волчок, А. И. Лазарев. – Вып. 3. – М. : ЦНИИГИА – ЦНИИП градостроительства, 1976.
17. Гика М. Эстетика пропорций в природе, искусстве / М. Гика. – М. : Всесоюзная академия архитектуры, 1976.
18. Глазычев В. П. Мастерство зодчего / В. П. Глазычев. – М., 1987.

19. Гродзинский Д. М. Модели живого и ботаническая бионика / Д. М. Гродзинский. – К. : Наукова думка, 1968. – С. 86.
20. Гропиус В. Границы архитектуры / В. Гропиус. – М., 1971.
21. Зигель Курт. Структура и форма в современной архитектуре / Курт Зигель ; пер. с нем. – М. : Стройиздат, 1965.
22. Иконников А. В. Основы архитектурной композиции / А. В. Иконников, Г. П. Степанов. – М. : Искусство, 1971. – 224 с.
23. Иконников А. В. Архитектура города. Эстетические проблемы композиции / А. В. Иконников. – М., 1972.
24. Кириллова Л. И. Мастерство композиции: пространство, пластика, ансамбль / Л. И. Кириллова, И. В. Иванова, В. И. Павличенков. – М. : Стройиздат, 1983. – 175 с.: ил.
25. Кишик Ю. Н. Архитектурная композиция: учебное пособие / Ю. Н. Кишик. – Минск. : Высш. шк., 2010. – 191 с.: ил.
26. Коротковский А. Э. Введение в архитектурно-композиционное моделирование / А. Э. Коротковский. – М., 1975.
27. Кринский В. Ф. Элементы архитектурно-пространственной композиции / В. Ф. Кринский, И. В. Ламцов, М. А. Туркус. – М. : Стройиздат, 1968. – 168 с.
28. Лазарев А. И. Архитектурно-бионические принципы демпферных систем сверхвысотных сооружений // Научные труды II международной конференции стран-членов СЭВ “Бионика – 78”. – Л., 1978.
29. Лазарев А. И. Биотектон – проект города будущего / А. И. Лазарев. – К., 1985.
30. Лазарев А. И. Бионические аспекты формообразования пространственно-временных “развивающихся” систем в архитектуре и дизайне // Технічна естетика і дизайн : науково-технічний збірник / відп. ред. М. І. Яковлев. – К. : Віпол, 2001. – Вип. 1. – 176 с.
31. Лазарев А. И. Бионические принципы формообразования высотных сооружений // Бионика. – 1985. – Вып. 19. – С. 100–114.
32. Лазарев А. И. Направления использования бионических принципов в архитектуре и дизайне // Технічна естетика і дизайн : міжвідомчий науково-технічний збірник / відп. ред. М. І. Яковлев. – К. : Віпол, 2004. – Вип. 3–4. – 246 с.
33. Лазарев А. И. Модель структурно-функциональной организации стеблевых систем // Проблемы формообразования в советской архитектуре. – М. : ЦНИИГИА-ЦНИП градостроительства, 1978. – Вып. 4.
34. Лазарев А. И. К вопросу использования в архитектуре высотных сооружений принципов тектоники и структур стебельных растений // Архитектура, наука, техника : тезисы, доклады 22–24 ноября 1972 г. – М. : Градостроительство НИИГИ, 1972.

35. Лазарев А. И. Исследование тектонических особенностей формообразования высотных сооружений на основе использования бионических принципов : автореф. дис. канд. архит. / А. И. Лазарев. – М., 1980.
36. Лебедев Ю. С. Избранные произведения : в 2-х т. / Ю. С. Лебедев. – М. : АН СССР, 1955.
37. Лебедев Ю. С. Архитектура и бионика / Ю. С. Лебедев. – М. : Стройиздат, 1971. – 120 с.
38. Лебедев Ю. С. Архитектурная бионика / Ю. С. Лебедев, В. Н. Рабинович., Е. Д. Положай и др. ; под ред. Ю. С. Лебедева. – М. : Стройиздат, 1990.
39. Лебедев Ю. С. От биологических структур к архитектуре / Ю. С. Лебедев, С. Б. Вознесенский, О. А. Гоциридзе. – М. : Стройиздат, 1970.
40. Мардер А. П. Металл в архитектуре / А. П. Мардер. – К., 1981.
41. Матеев Матей. Основные научно-творческие сферы архитектурной бионики // Бионика. – Вып. 16. – С. 74–79.
42. Мельников К. С. Архитектура моей жизни. Творческая концепция / сост.: А. А. Стригалева, И. В. Коккинаки. – М., 1985.
43. Минервин Г. В. Основы комплексного проектирования оборудования для жилых и общественных зданий. – М. : МАрХИ, 1987.
44. Михайленко В. Е. Геометрия форм архитектуры и живой природы / В. Е. Михайленко // Архитектурная композиция (современные проблемы). – М. : НИИТИ – ЦНИИТИА, 1970.
45. Михайленко В. Є. Основи біодизайну / В. Є. Михайленко, О. В. Каченко : навч. посібник – К. : Каравела, 2011. – 224 с.
46. Михайленко В. Є. Основи композиції (геометричні аспекти художнього формоутворення) / В. Є. Михайленко, М. І. Яковлев : навч. посіб. – К. : Каравела, 2008. – 304 с.
47. Нерви П.-Л. Доклад на VI конгрессе МСА в Лондоне, 1961.
48. Одум Е. Экология / Е. Одум. – М. : Просвещение, 1968.
49. Питер Фарб. Популярная экология / Питер Фарб. – М. : Мир, 1971.
50. Раздорский В. Ф. О принципах архитектуры растений / В. Ф. Раздорский. – Баку, 1924.
51. Раздорский В. Ф. Архитектоника растений / В. Ф. Раздорский. – М. : Советская наука, 1955.
52. Райт Ф. Л. Будущее архитектуры / Ф. Л. Райт. – М. : Стройиздат, 1960.
53. Репин Ю. Г. Уникальное и ординарное в архитектуре : монография / Ю. Г. Репин. – К. : Феникс, 2007. – 176 с.: илл.
54. Рунге В. Ф. Эргономика в дизайне среды : учеб. пособие / В. Ф. Рунге, Ю. П. Манусевич. – М. : Архитектура – С, 2005. – 325 с.: илл.
55. Рунге В. Ф. Эргономика в дизайн-проектировании : учеб. пособие / В. Ф. Рунге. – М. : МЭИ (ТУ), 1999.

56. Рунге В. Ф. Эргономика и оборудование интерьера : учеб. пособие / В. Ф. Рунге. – М. : Архитектура – С, 2006. – 160 с.: ил.
57. Рябушин А. В. Бионические аспекты структурирования среды / А. В. Рябушин // Проблемы формирования в современной архитектуре. – М. : Стройиздат, 1976.
58. Санчес Аркас М. Оболочки / М. Санчес Аркас. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1964.
59. Сьомка С. В. Архітектурна композиція : методичні вказівки до курсу лекцій / С. В. Сьомка. – К. : КНУБА, 2006. – 24 с.
60. Сьомка С. В. Архітектурна композиція. Гармонія і пропорції : методичні вказівки і програма курсу / Уклад. С. Б. Зиміна, С. В. Сьомка. – К. : КНУБА, 2011. – 76 с.
61. Степанов А. В. Объемно-пространственная композиция: учебник / А. В. Степанов, В. И. Мальгин, Г. И. Иванова и др. – М. : Архитектура – С, 2004. – 256 с.: илл.
62. Тиц А. А. Основы архитектурной композиции и проектирования / А. А. Тиц и др. – К. : Вища школа, 1976.
63. Тиц А. А. Пластический язык архитектуры / А. А. Тиц., В. В. Воробьева. – М., 1986.
64. Туполев М. С. Конструкции гражданских зданий / М. С. Туполев. – М. : Стройиздат, 1973.
65. Фрей-Вислинг А. Ультраструктура растительной клетки / А. Фрей-Вислинг, К. Мюллеталер. – М. : Мир, 1968.
66. Хельмске И. Оболочки и пространственные конструкции в природе и в технике / И. Хельмске, Отто Фрей // Современная архитектура – 1963. – № 4.
67. Чань Ф. Д. Архитектура: форма, пространство, композиция / Ф. Чань. – М., 2005.
68. Черников Я. Г. Архитектурные фантазии: 101 архитектурная миниатюра, 101 композиция в красках / Я. Г. Черников. – Л. : Международная книга, 1933. – 102 с.
69. Цойгнер Г. Учение о цвете // Г. Цойгнер. – М., 1971.
70. Шаповал Н. Г. Теорія прикладної архітектурної композиції : навч. посібник / Н. Г. Шаповал. – К. : КНУБА, 2000. – 372 с.
71. Шевелев И. Ш. Принципы пропорции / И. Ш. Шевелев. – М., 1986. – 200 с.
72. Штейнберг А. Я. Методы и инструменты архитектурного проектирования // А. Я. Штейнберг. – К. : Будівельник, 1977. – С. 34–74.

ДОДАТКИ

Біоніка – це наука, яка не просто досліджує живу природу (як фізика, хімія, біологія чи біохімія), вона не обмежується встановленням загальних законів, зв'язків і проявів, а на основі вивчених закономірностей, створює нові речі, об'єкти, комунікації, які не існують в природі.

Зв'язок людини і природи дуже тісний. Він розвивався протягом тисячі років і вирізняється подібністю геометричних форм:

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Термітник | Гніздо птаці Ткач | Хата південно-американських індіців | Глинобитна хата африканців |

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Асоціація живої природи в інтер'єрі готичного храму | Ялинка – Японський храм | Асоціації з куполом | |
| Єдність живої природи з японськими і російськими архітектурними спорудами | | | |

Рис. 1. Формотворчі основи біоніки в різних галузях діяльності людини

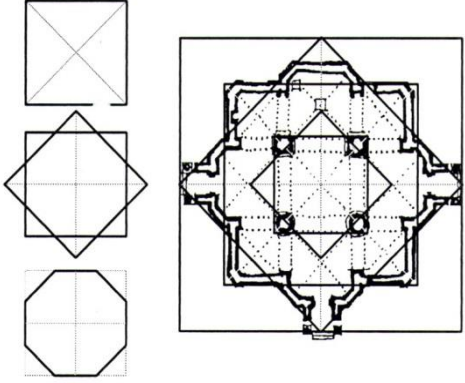
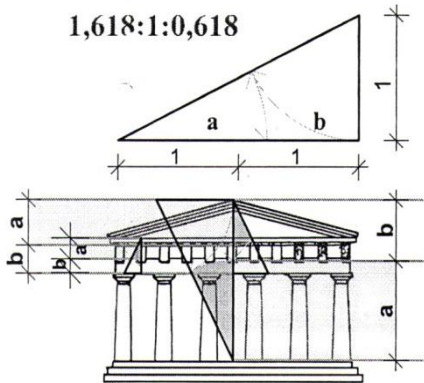
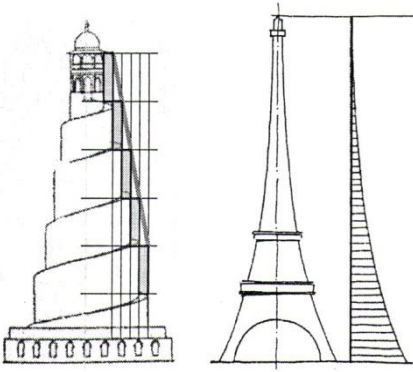
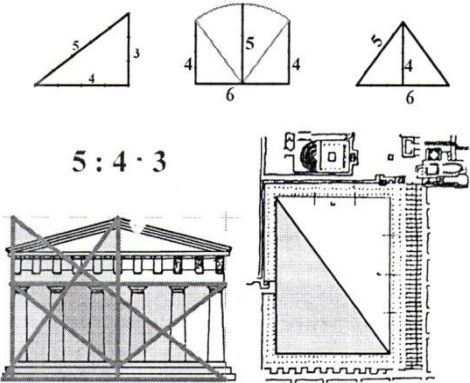
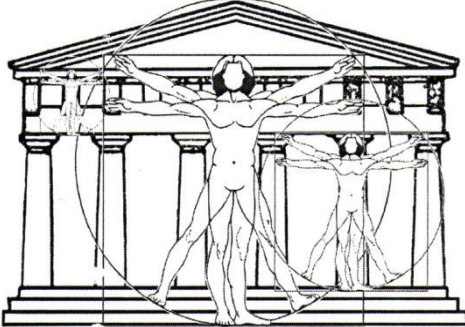
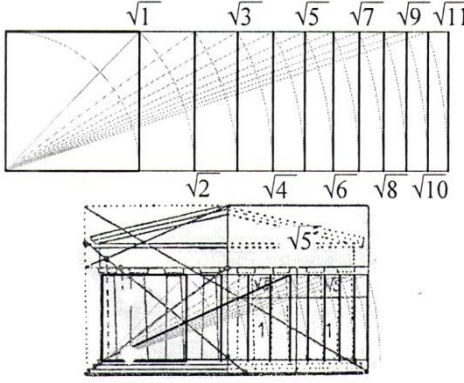
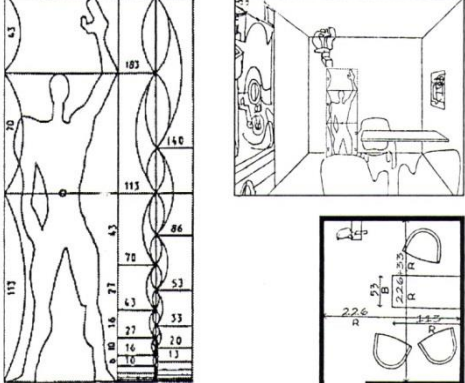
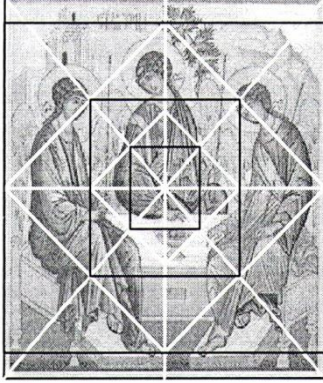
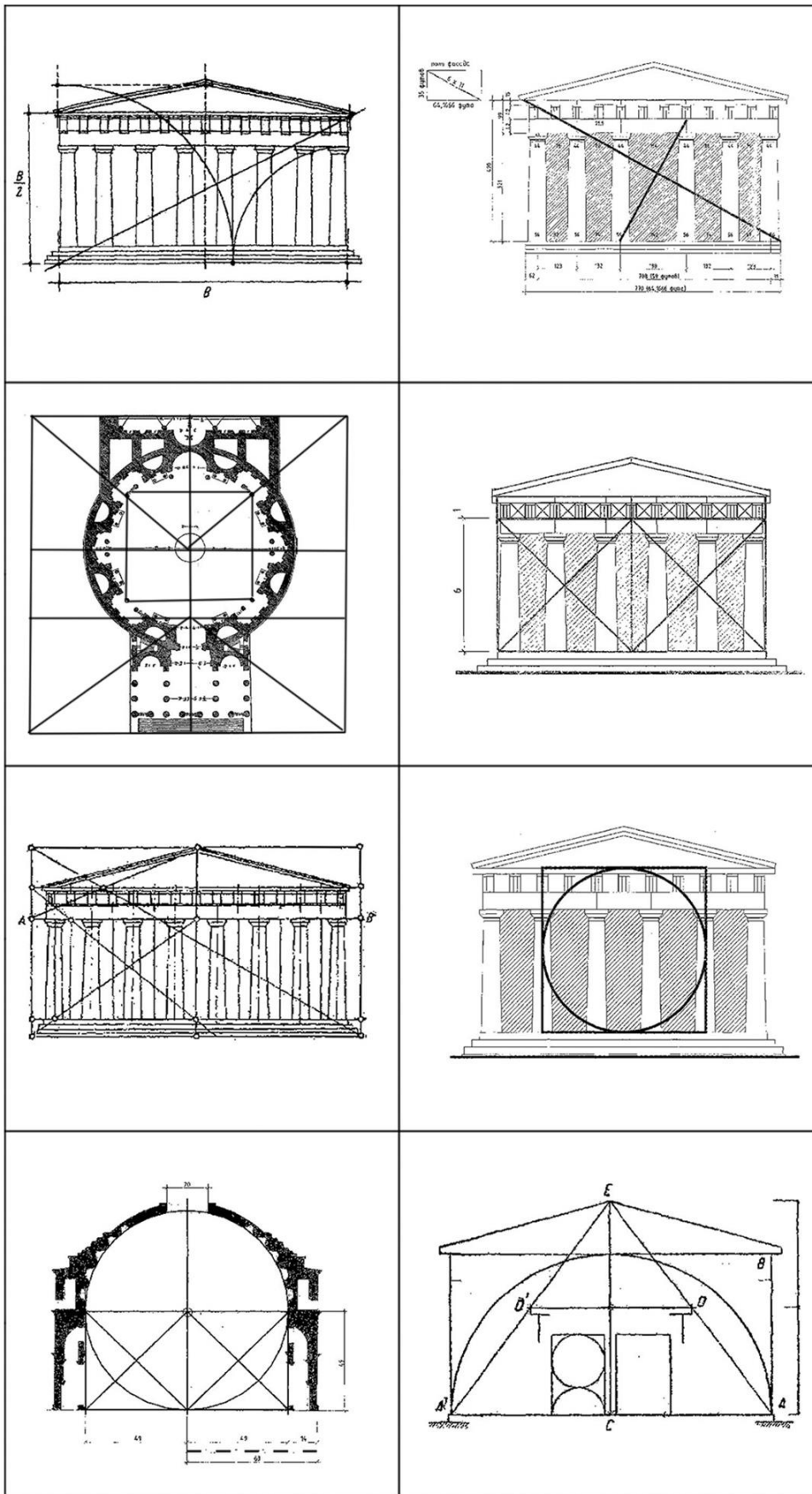
| | Види пропорцій | | Види пропорцій |
|--|---|---|---|
| <p>1</p> <p>Подвійний квадрат, похідні квадрата</p> |  | <p>5</p> <p>Ряд Фібаначі, "Золотий перетин"</p> | <p>1,618:1:0,618</p>  |
| <p>2</p> <p>Арифметична та геометрична прогресії</p> |  | <p>6</p> <p>"Священний" Єгипетський трикутник</p> |  <p>5 : 4 · 3</p> |
| <p>3</p> <p>Божественна пропорція</p> |  | <p>7</p> <p>Числовий ряд на основі прямокутників, засічки діагоналями</p> |  |
| <p>4</p> <p>Модуль Ле Карбюз'є</p> |  | <p>8</p> <p>Система вписаних і описаних квадратів і прямокутників</p> |  |

Рис. 2. Основні види пропорцій



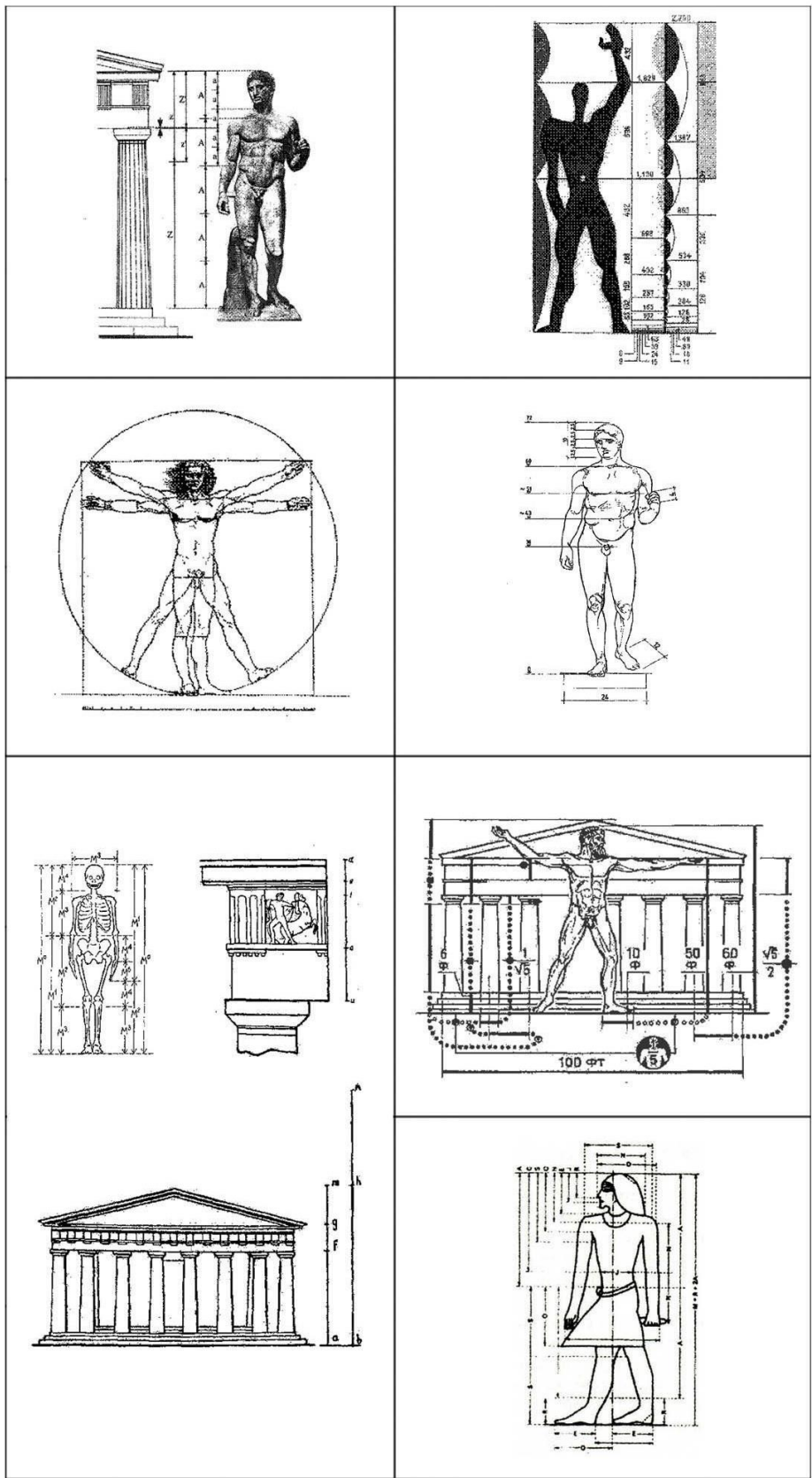
1) Храм Юпітера, Рим;
2) Храм Плутона, Рим.

1) Пантеон. План;
2) Храм Посейдона, Греція.

1) Парфенон, Афіньський Акрополь;
2) Храм Зевса, Греція.

1) Пантеон, Рим; Розріз
2) Пропорції Давньогрецького храму.

Рис. 3. Методичні основи проведення пропорційного аналізу форм пам'ятників архітектури (за дослідженнями А. В. Радзюкевича)



1) Пропорції
Античного
ордеру до
людини;
2) Модульор.
Ле-Корбюз'є.

1) Коло
Леонардо Да
Вінчі;
2) Середньовічні
пропорції
людини.

1) Пропорції
скелета і
людини до
Античного
ордеру;
2) Пропорції
людини і
античного
храму.

1) Античний
ордер;
2) Єгипетські
системи
пропорцій
людини.

Рис. 4. Пропорціонування на основі різних модульних систем

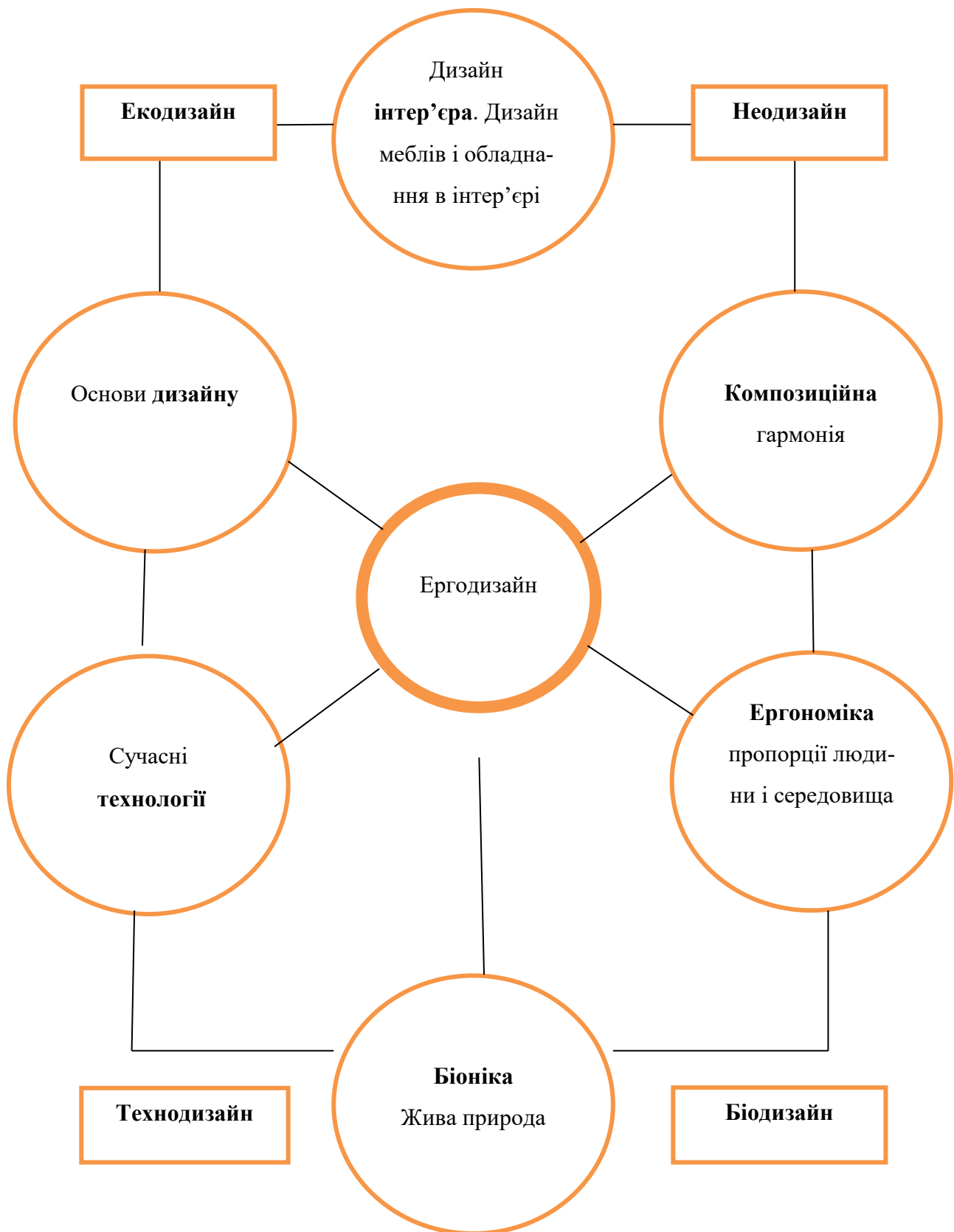


Рис. 5. Основні взаємозв'язки напрямів штучного формотворення



Рис. 6. Перспективні **принципи** розвитку об'ємно-просторової організації композиції проєктованого об'єкта в процесі штучного формотворення

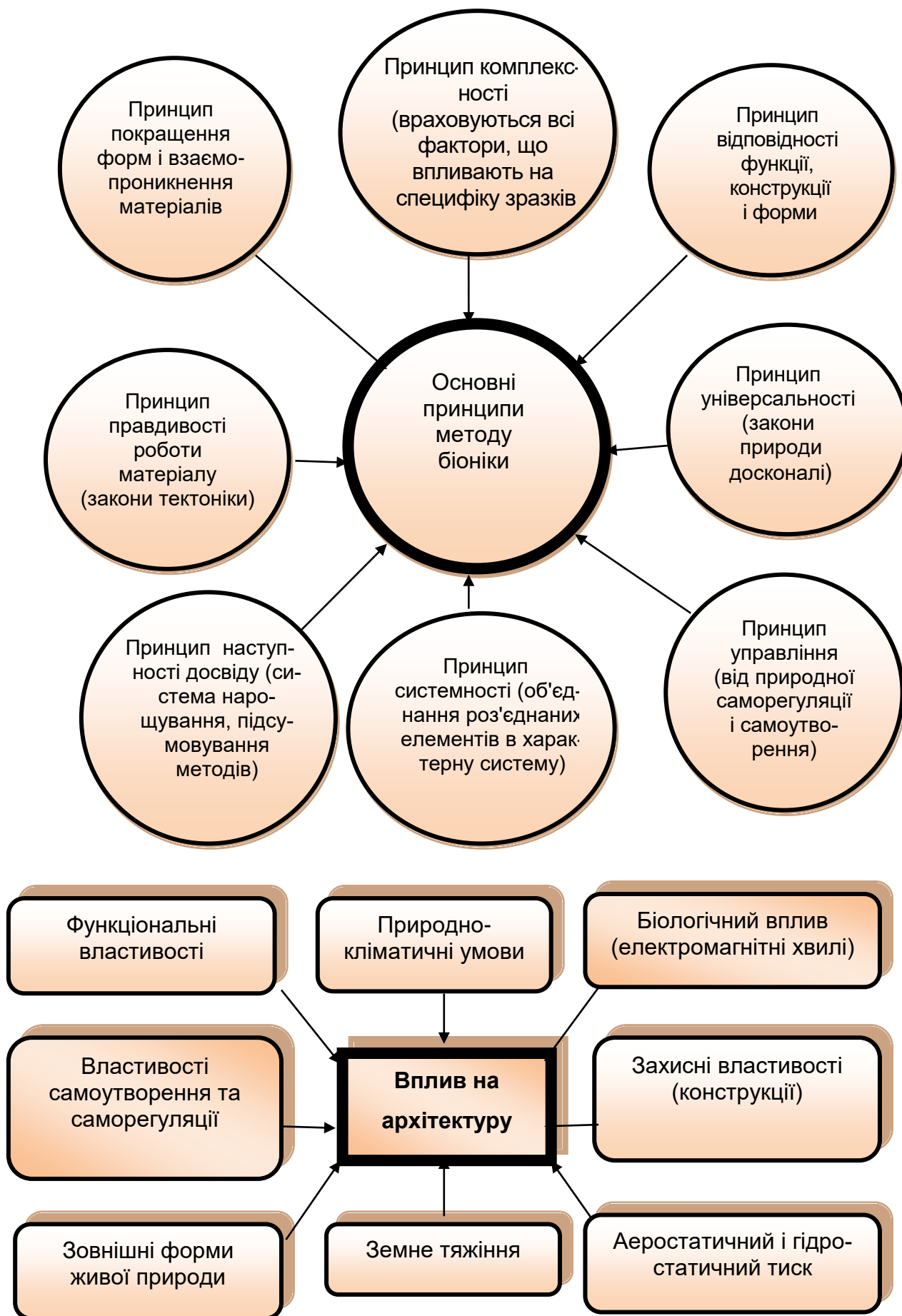


Рис. 7. Основні принципи і аспекти формальної організації простору

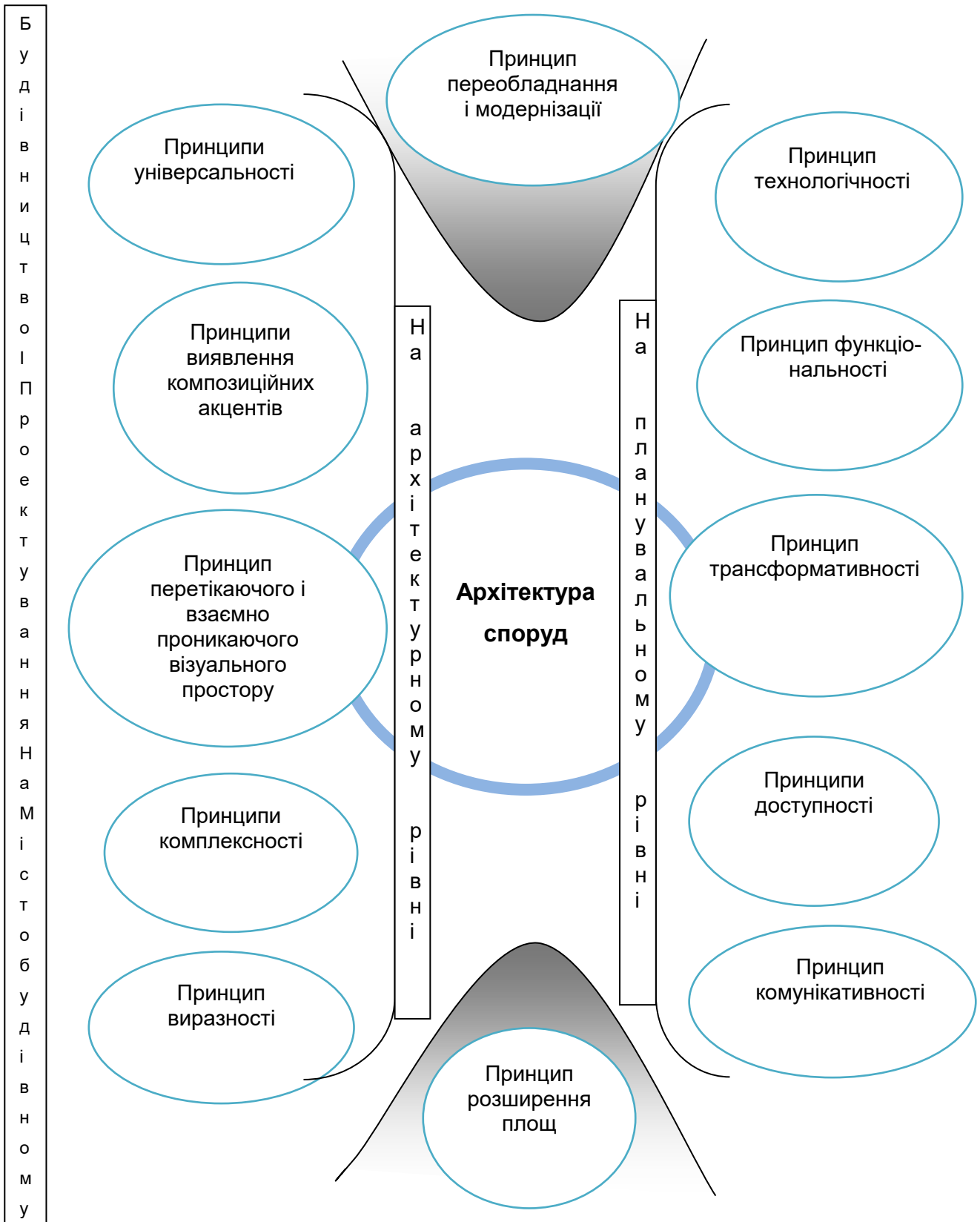


Рис. 8. Принципи формування архітектури і проведення реконструкції сучасних будівель і їх комплексів

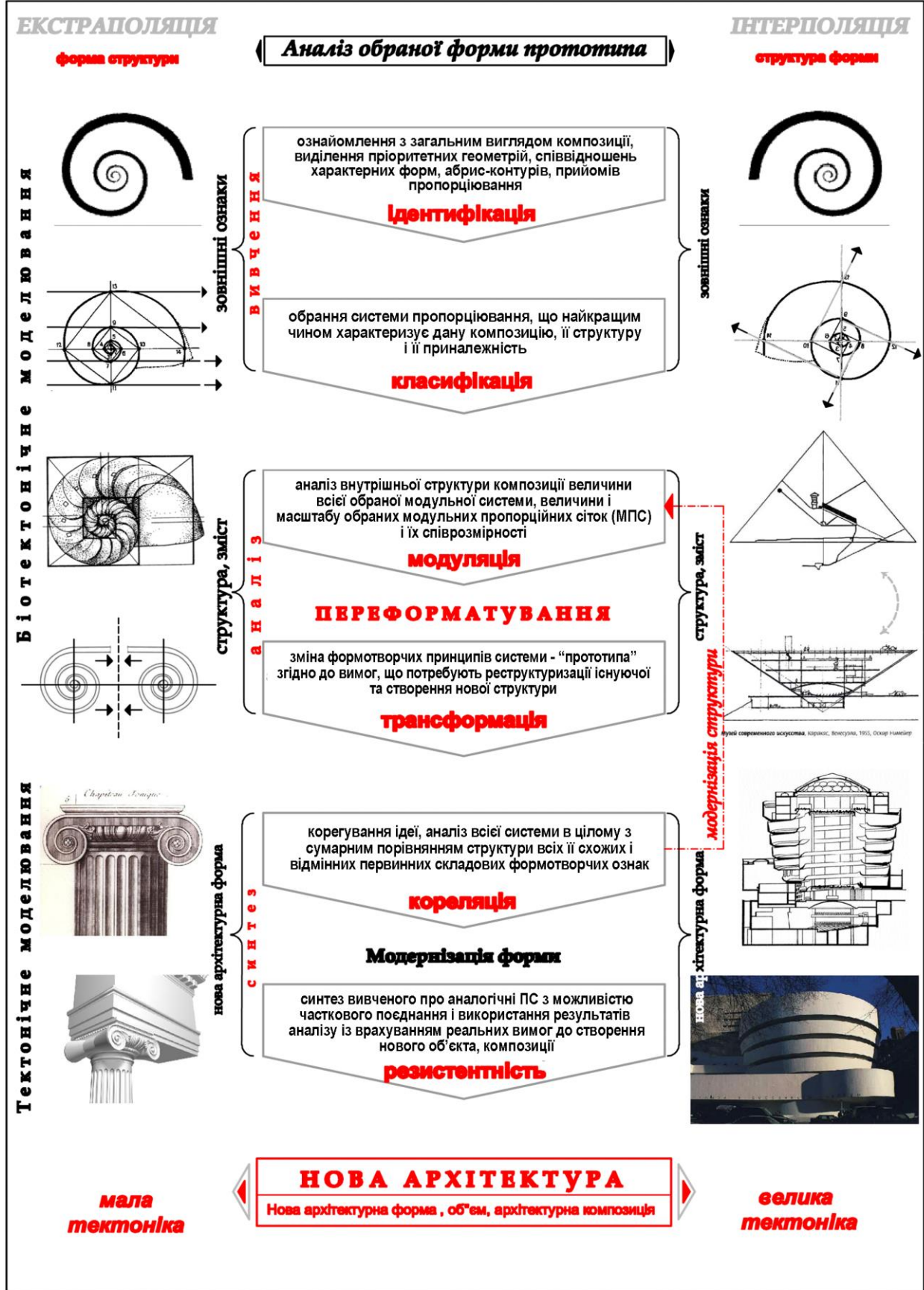
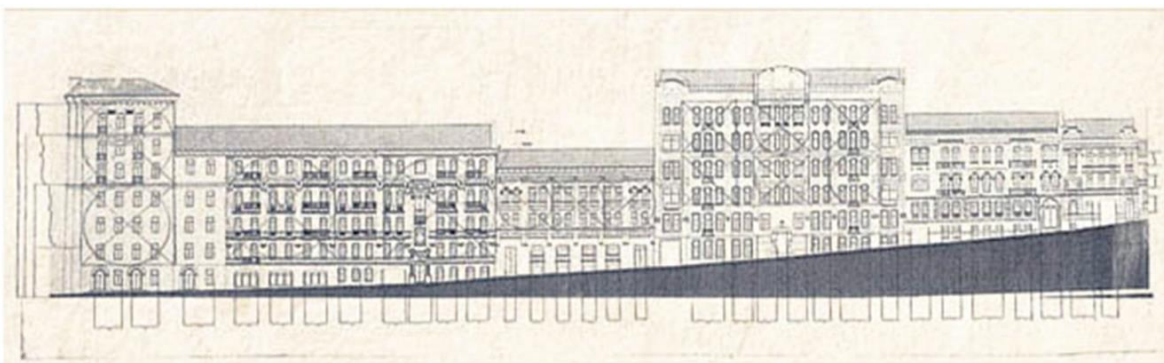


Рис. 9. Стадії реструктуризації природної форми в архітектурі шляхом біотектонічного моделювання

а)



Існуючий стан забудови

б)

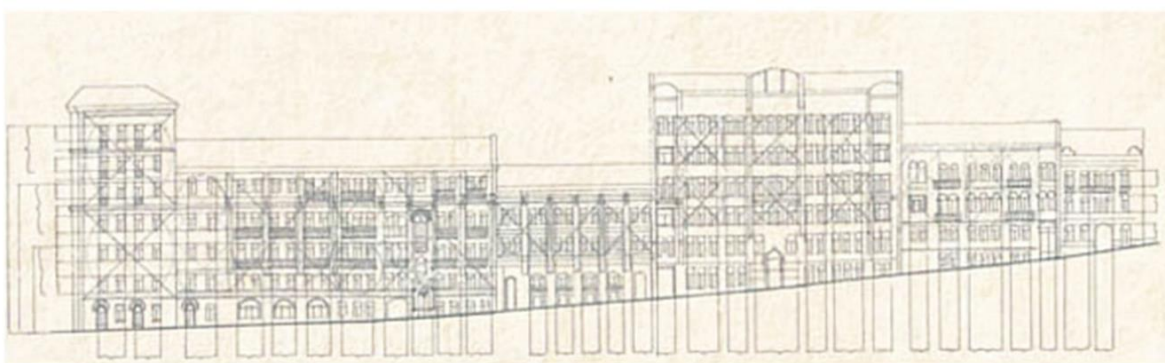
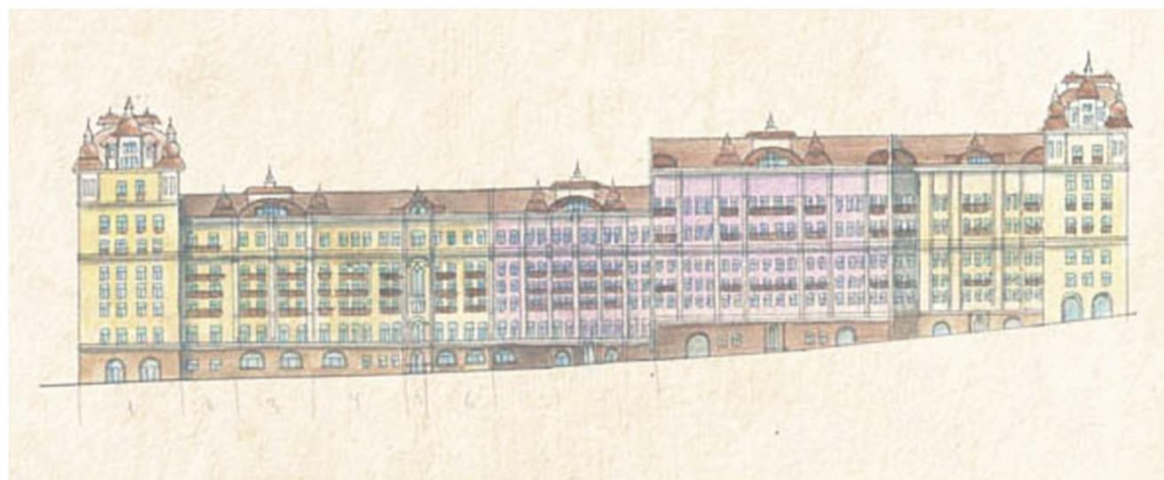


Схема пропорційного аналізу фасадної системи забудови (існуюча забудова) вул. М. Житомирська в м. Києві

в)



Розгортка по вулиці Мала Житомирська в м. Києві після перепланування і реконструкції фасадів

Рис. 10. Гармонізація розгортки вулиці за допомогою засобів пропорціонування



а) Аналіз “стартової” розгортки для пропорційного і стильового узгодження



Результат комплексної гармонізації розгортки житлового масива Позняки м.Київ



б) Аналіз “стартової” розгортки для пропорційного і стильового узгодження



Результат комплексної гармонізації розгортки житлового масива Позняки м.Київ

Рис. 11. Застосування методу нюансних пропорційних узгоджень в гармонізації існуючої міської забудови



В.И. С.Т. Г.Р. АБС 24 А БАРАНОВСЬКА О.

Рис. 12. Пропорційний аналіз розгортки вул. Хрещатик, м. Київ.
Студентська робота



Рис. 13. Двоєдині засоби й основні властивості архітектурної композиції












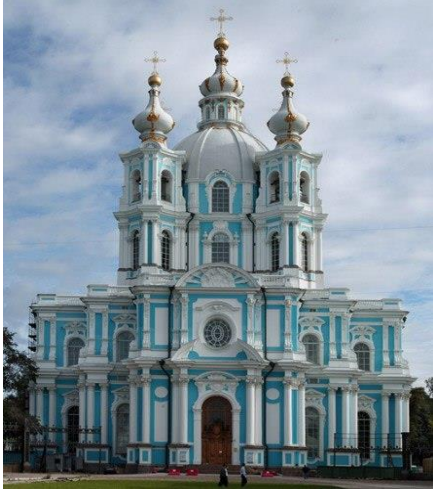
| | | |
|-----------------------------------|--|---|
| Симетрія і асиметрія |  |  |
| Нюанс і контраст |  |  |
| Пропорції і пропорціювання |  |  |
| Масштабність і співмасштабність |  | |
| Синтез мистецтв |  |  |
| Метр і ритм |  | |
| Підпорядкованість і супідрядність |  |  |

Рис. 13а. Засоби архітектурної композиції

Симетрія



Смольний собор у Санкт-Петербурзі



Собор Паризької Богоматері

Асиметрія



“Танцюючий” будинок у Празі



Оперний театр у Сіднеї

Дисиметрія



Собор Санта-Марія дель Фйоре у Венеції



Казанський вокзал у Москві

Рис. 14. Приклади симетрії, дисиметрії й асиметрії
в композиції архітектурних об'єктів

Статика



Собор Святого Петра в Римі



Церква Нотр-Дам-ля-Гранд, Пуатьє,
Франція

Динаміка



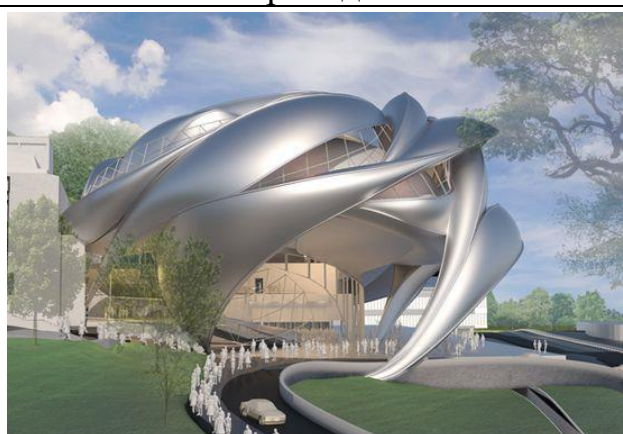
Художня галерея Альберти,
Едмонтон



Центр Гейдара Алієва, Баку,
Азербайджан

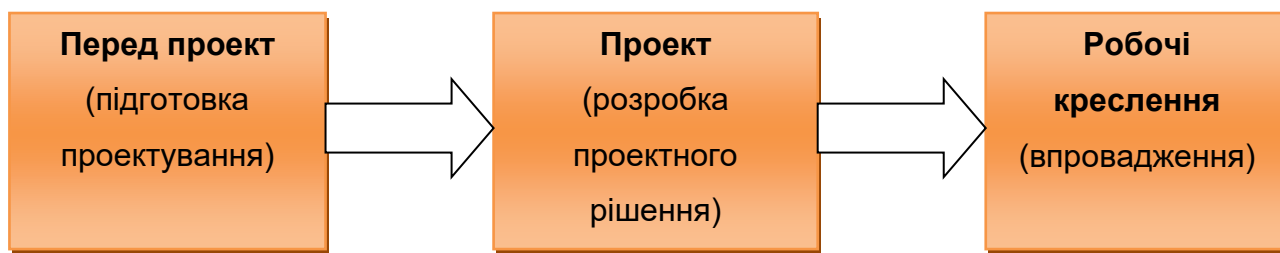


Будівля клубу “Chongqing Greenland
Clubhouse” в КНР

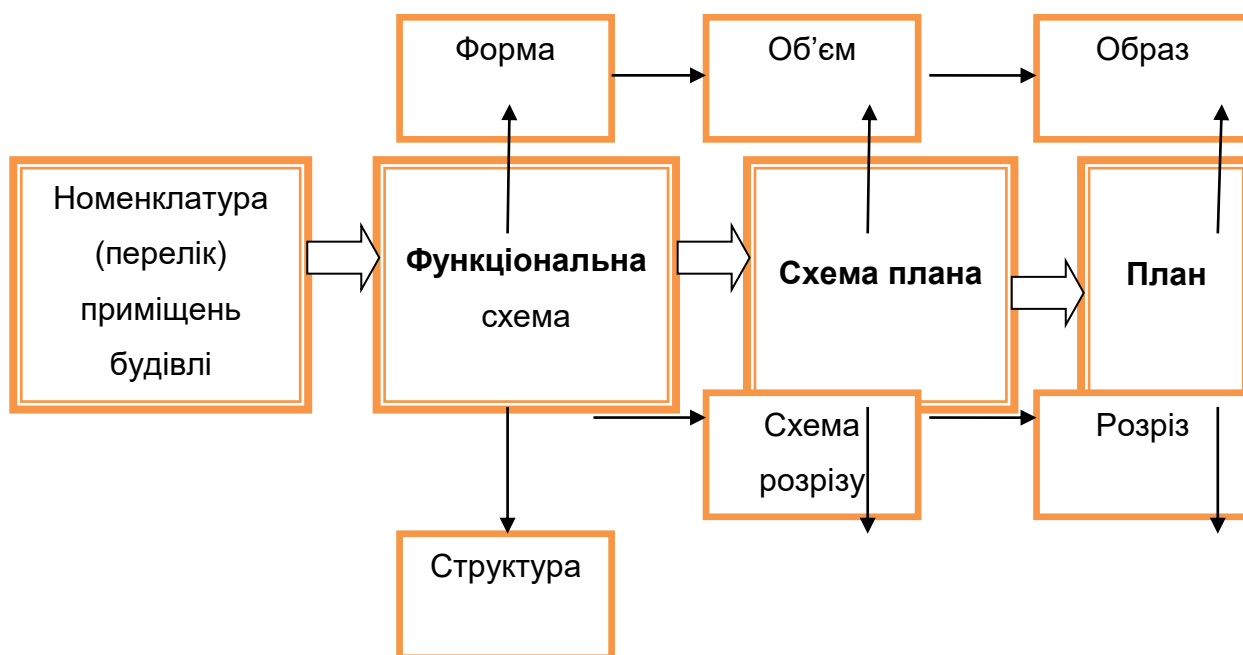


Проект культурного центру
в Німеччині

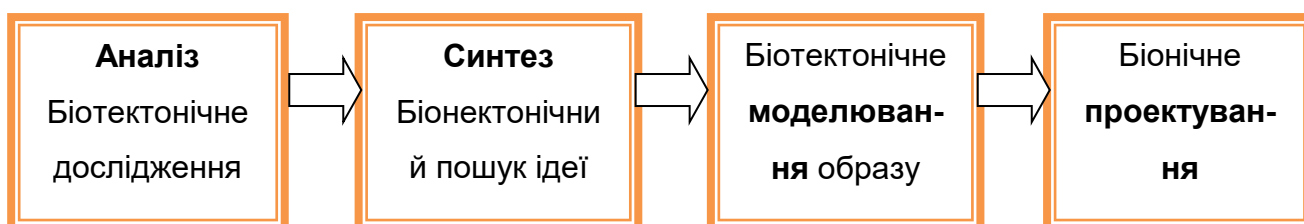
Рис. 15. Статика й динаміка в композиції архітектурних об'єктів



1. Послідовність процесу проектування.



2. Послідовність стадій функціонального методу проектування.



3. Послідовність процесу біотектонічного проектування.

Рис. 16. Подібність і послідовності стадій проектної діяльності та біомоделювання






Рис. 17. Двоєдність формотворення в архітектурній композиції




1. Коло ●

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Земля | Морський їжак | Кавун |

2. Еліпс ●

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Камінь | Слива | Зерно кави |

3. Спіраль ☉

| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| Равлик | Сузір'я | Дерев'яна стружка |

4. Піраміда ▲






| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| Мурашник | Піраміда Єгипту | Піраміда Лувра |

Рис. 18. Найбільш поширені геометричні форми в живій природі

| | |
|---|--|
|  |  |
| Египетські капітелі | Коринфська капітель |

Відтворення природних аналогів у формах капітелей


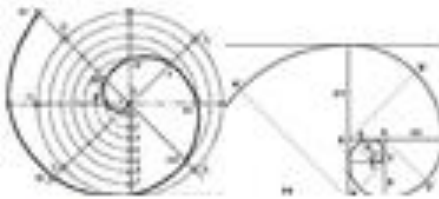


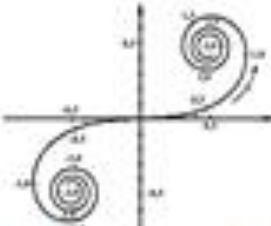




| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Морська мушля | Графічне зображення спіральних кривих: Архімеда Гіперболічна | Радіотелевізійна вежа в Москві, арх. Шухов, 1922 р., вид згугу |
|  |  |  |
| Іонічна капітель | Спіраль Корню | Конусоподібний гвинт |
|  |  |  |
| Вавилонська вежа | Спіралеподібна вежа в Самарі, Ірак, 9 ст. | Пам'ятник III-му інтернаціоналу, арх. Татлін, 1919 р. |

Рис. 19. Типові форми живої природи, трансформовані в архітектурі


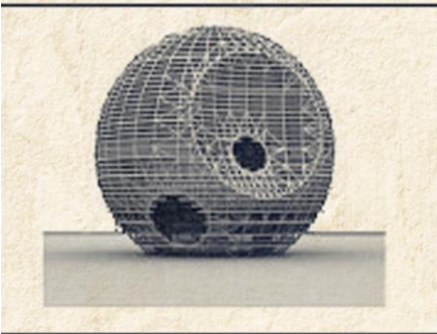





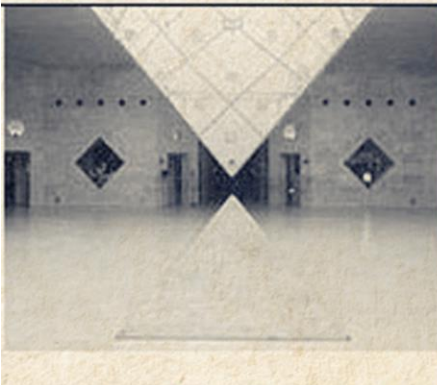



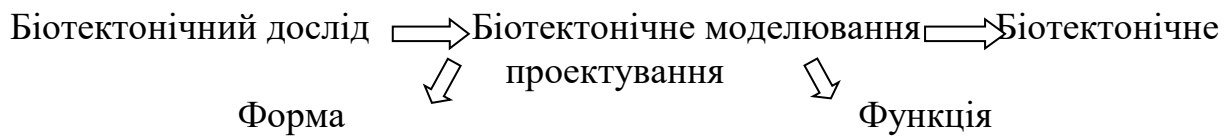

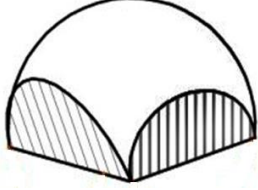
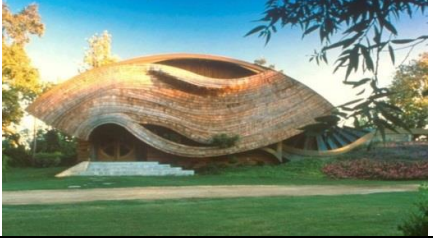
| | | |
|---|--|---|
|  | <p>Піраміди Гізи, Єгипет</p> | <p>Візуально стійкі форми</p> |
|  | <p>арх. Рема Кулхаса Дубаї. ОАЕ</p> |    |
|  | <p>Національний конгрес арх. Оскар Німейер, Бразилія</p> | <p>СИНТЕЗ</p> |
|  | <p>Музей мистецтва арх. Оскар Німейер, Бразилія</p> | <p>Візуально нестійкі форми</p> |
|  | <p>Піраміди Лувра арх. Йо Мінг Пей, Париж, Франція</p> |    |

Рис. 20. Взаємозв'язок динаміки і стійкості форми з орієнтацією в просторі



Формально-об'ємний аналіз:

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Черепаха | Форма | Резиденція Ленсіоні; архітектор Артур Дайсон; сер. 80-х |

Пропорційно-структурний аналіз:

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Пропорції | Головний фасад | Пантеон |

Графічний аналіз:

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Кукурудза | Шипка | Хмарочос Сент-Мері Екс 30, Лондон; арх. Н. Фостер |

Асоціативний аналіз:




| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Тюльпан | Яйце | Купол Санта Марія дель Фйоре |

Рис. 21. Формальний аналіз елементів живої природи







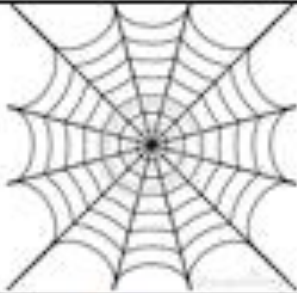



| Технічна біоніка | |
|---|--|
|  |  |
| Акула | Підводний човен |
| Пряме наслідування | |
|  |  |
| Мушля | Ресторан «Бермет» |
| Аналог - хребет | |
|  |  |
| Хребет людини | Готель «MORP Hotel» |
| Вантова система в живій природі | |
|  |  |
| Павутиння | Вантовий міст |
| Спіраль | |
|  |  |
| Структура молекули ДНК | В.Е. Татлін «Пам'ятник III інтернаціоналу» |

Рис. 22. Деякі приклади біоніки, реалізовані в ідеях архітектурних об'єктів

Типи природних форм в біотектонічному моделюванні


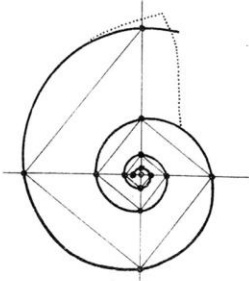
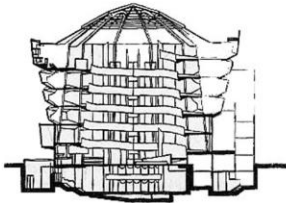
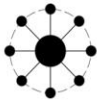
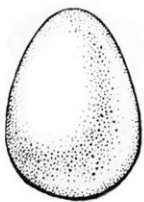
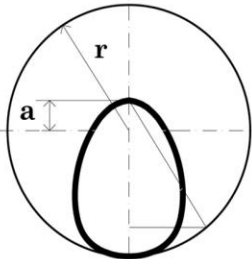

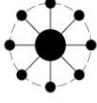
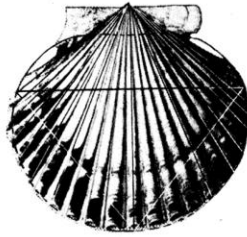
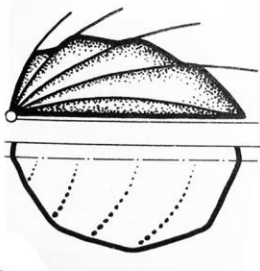
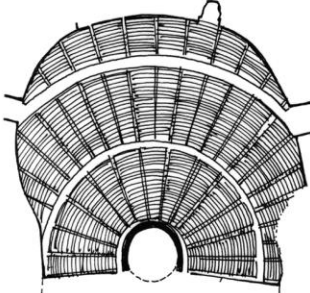
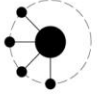

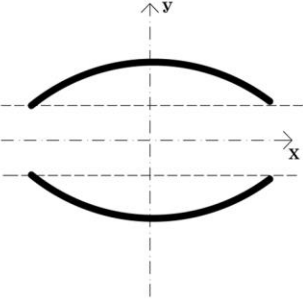
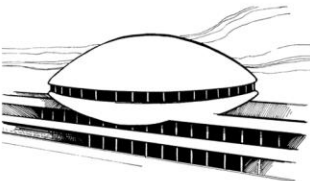
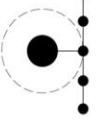
| принцип формоутворення | Прототип живої природи. Аналіз біоформи | Біонічне моделювання з вивченням пропорційних закономірностей | Втілення в архітектурних просторових структурах | функціональна схема |
|------------------------|---|---|--|---|
| 1 спіралеподібна |  спіралеподібна мушля |  графічно-аналітичний метод |  музей Гуггенхейма в Нью-Йорку архітектор Ф. Л. Райт розріз | <p>складна центрична</p>  |
| 2 яйцеподібна |  яйце |  графічне відображення форми (яйцеподібна) |  Лондон, Англія. Архітектор Н. Фостер | <p>складна центрична</p>  |
| 3 сегментна |  променева мушля |  форма функція |  Афіни. Театр Діоніса. План | <p>складна радіально-кільцева</p>  |
| 4 оболонка |  панцир черепахи |  |  Конференс-зал Інституту технічної інформації в Києві | <p>лінійна схема</p>  |

Рис. 23. Використання принципу гармонійних пропорцій в біонічному моделюванні (за дослідженням В. Є. Михайленко, О. В. Кащенко)



Рис. 24. Домінування спіралеподібних форм у природі.
Спіраль як формотворчий спосіб моделювання біоформ


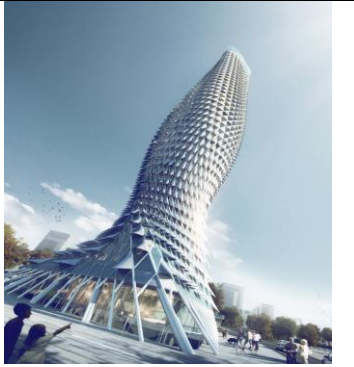










| | | | | |
|------------------|--------------|---|--|---|
| Дослідницька | Біологічна |  |  |  |
| | | Хребет | Вежа з покриттям “срібною лускою” | Проект “Нахіль Харбор Тауер” в Дубаї |
| Побудова біоніки | Технічна |  |  |  |
| | | Обличчя людини | Магнітофон | Пилосос |
| Теоретична | Архітектурна |  |  |  |
| | | Парус | Аеропорт Кеннеді арх. А. Саарінен. США | Музей мистецтв Мілуокі арх. Колотрава, США |
| Військова | |  |  |  |
| | | Парашут | Літак “Стелз” | Королівська вежа в Саудівській Аравії |

Рис. 25. Типи біоніки

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Характер бджолиних стільників | Будівля естонського навчального центру з незвичайним фасадом з “бджолиних” стільників | |
|  |  |  |
| Молекули ДНК | Національна бібліотека Мінську, Білорусь | Капсульна башня Nakagin, Японія 1974, архіт. Курокава |
| Куля (сфера) | | |
|  |  |  |
| Шкарлупа яйця | Купол Санта Марія дель Фьоре | Планетарій, Москва, 1929 р. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Присутність короткочасної оперативної пам'яті у живих організмів 1,2,3... (один – два дні): | | |
|  |  |  |
| Оса | Бабка | Коник |

Рис. 26. Повторення і періодичність подій (пір року, соціальних процесів)



Рис. 27. Аналіз характерних рис природи і їх адаптація в архітектурі

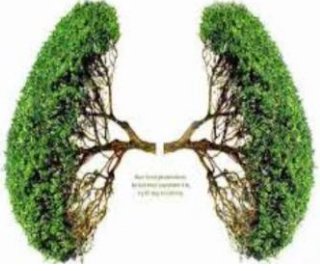




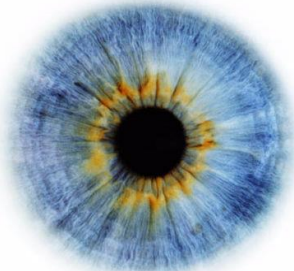





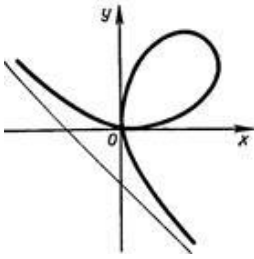
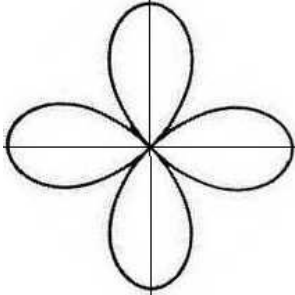
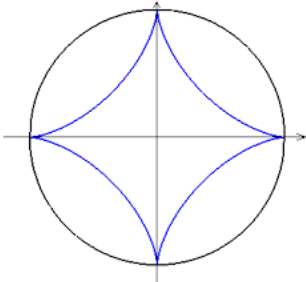



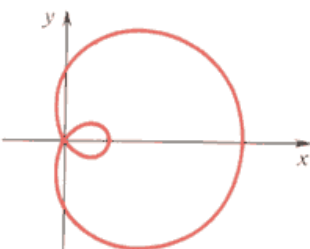
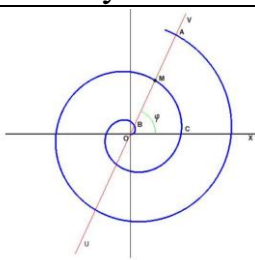
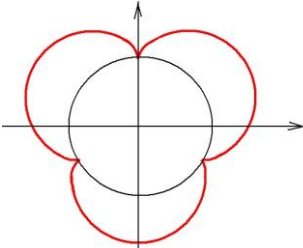
| Характеристика форми | Формальні аналоги живої природи | Подібні органи людського організму | Функції в природі |
|----------------------|--|--|---|
| Розгалуженість |  <p>Дерево</p> |  <p>Легені</p> | Дихання, очищення повітря Рецептори запаху |
| Обтічність |  <p>Квасоля</p> |  <p>Нирка людини</p> | Фільтр, очищення рідини Рецептори смаку |
| Центричність |  <p>Зріз моркви</p> |  <p>Оболонка ока</p> | Бачення, розрізнення кольорів і предметів Рецептори зору |
| Структурованість |  <p>Зернятко горіха</p> |  <p>Людський мозок</p> | Пам'ять, компактні носії інформації, рецептор передачі інформації Сенсорні рецептори |

Рис. 28. Основи зовнішньої подібності (композиції) різних природних форм

| Тектонічність | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Крапля | Квітка | Піраміда |
|  |  |  |
| Лист Декарта | Лемніската | Астроїда |
| Виразність | | |
|  |  |  |
| Яблуко | Мушля | Трилисник |
|  |  |  |
| Кардіоїда | Логарифмічна спіраль | Епіциклоїда |



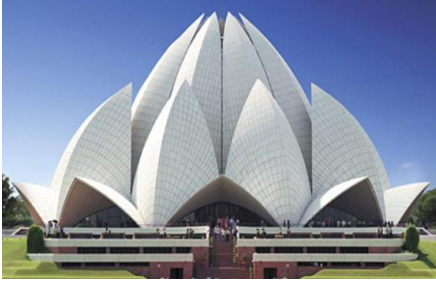
Естетично виразні математичні графіки і фігури – деякі відомі математичні криві. Образи закономірностей і виразність в архітектурній композиції і живій природі.

Рис. 29. Образні асоціації і геометричні аналогії елементів технічної естетики та природних прототипів

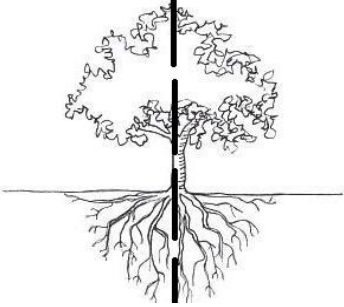


Симетрія основних форм:

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Лист каштана | Метелик | Будинок в Америці |

Асиметрія і спіралеподібність форм:

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Троянда | Лотос | Храм Лотос в Індії |

Відносна симетрія:

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Дерево | Лебідь | Собака |

Повторення елементів:

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Квітка-плід. Шишка | Луска риби | Зебра |

Рис. 30. Характерні риси живої природи, виявлені в зовнішніх ознаках





















| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Водорості | Дерева | Підйомні крани | Стадо жирафів |
|  |  |  |  |
| Слід від літака | Пір'я пtiці | Люстра, вигляд знизу | Око людини під мікроскопом |
|  |  |  |  |
| Жуки геркулеси | Скрипки | Опал | Вітка ялини |
|  |  |  |  |
| Розпилений агат | Зображення мозку | Кальцит | Пір'я |
|  |  |  |  |
| Корали | Драконове дерево | Салют | Кульбаба |

Рис. 30а. Аналогії і подібність форм у навколишньому світі

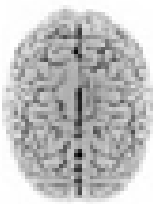



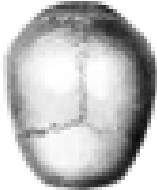
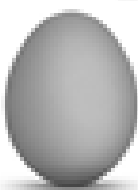
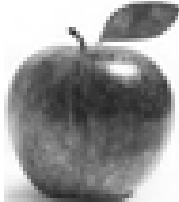



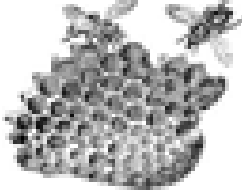
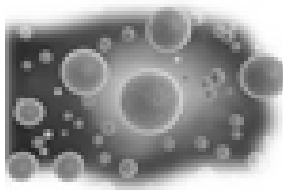
| | | |
|------------------------|---|--|
| Морфологічність форми | Структурованість, інформація | |
| |  |  |
| | Мозок людини | Грецький горіх |
| | Спіралеподібна форма | |
| Морфологічність форми |  |  |
| | Троянда | Металева стружка |
| універсальність форми | Універсальність, симетрія | |
| |  |  |
| | Череп людини вид зверху | Яйце |
| | Виразність, довершеність | |
| універсальність форми |  |  |
| | Яблуко | Планета Земля |
| Функціональність форми | Обтічність | |
| |  |  |
| | Око людини | Форма тіла риби |
| | Морфологічність, компактність, природні щільні упаковки | |
| Функціональність форми |  |  |
| | Бджолині стільники | Клітини людини |

Рис. 31. Подібність і зовнішня схожість багатьох форм в живій природі

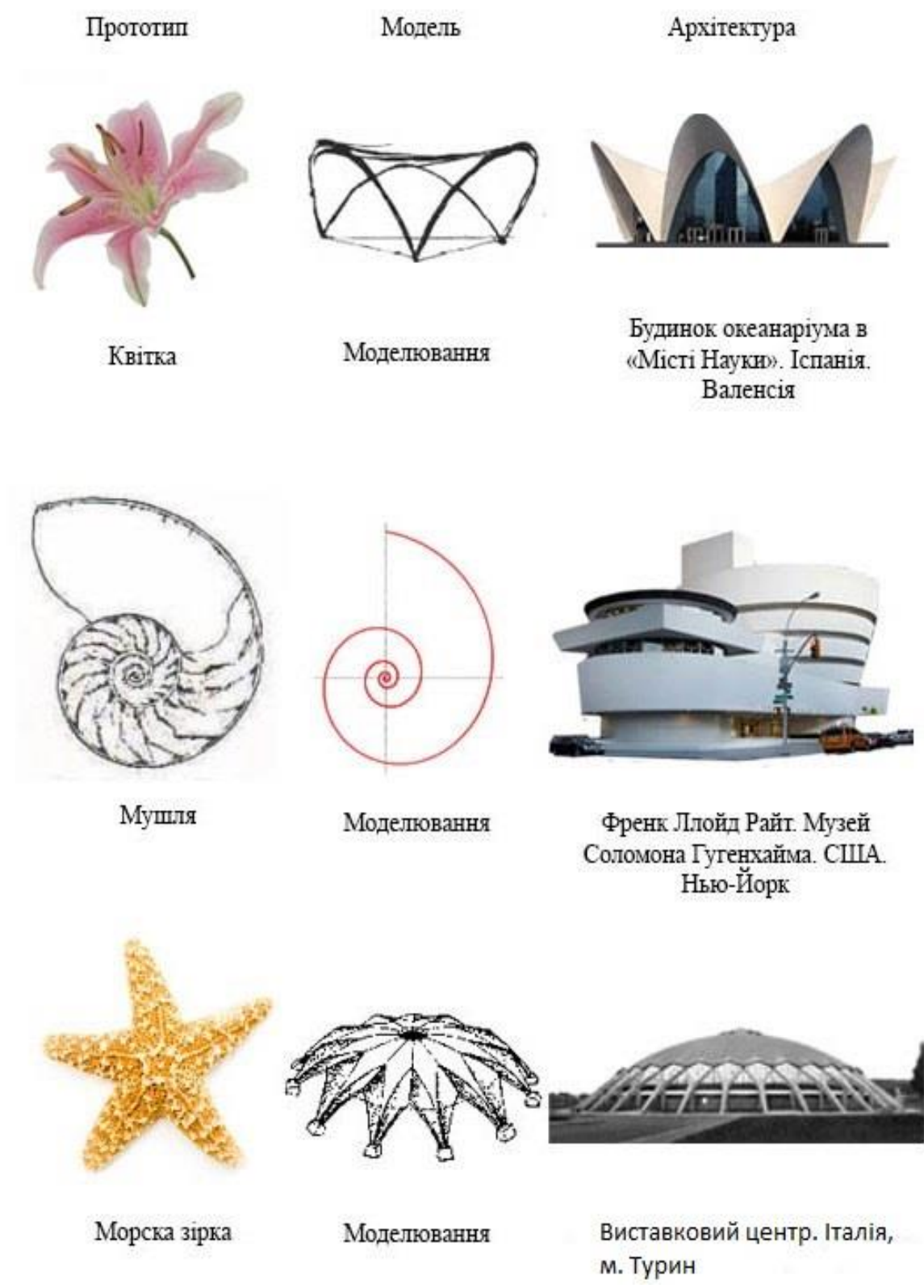


Рис. 32. “Формальний” аналіз прототипів живої природи – аналіз форми

фізичний ритм
(коливання)



біологічний ритм
(Е.К.Г. людини)



Музичний ритм
(нотний стан)



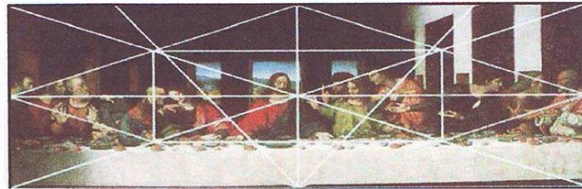
віршований ритм
(рими)

(Мой дядя самых честных правил,)
когда не в шутку занемог,)
(Он уважать себя заставил)
и лучше выдумать не мог...)

кібернетичний ритм
мікросхема
(перфокарта)



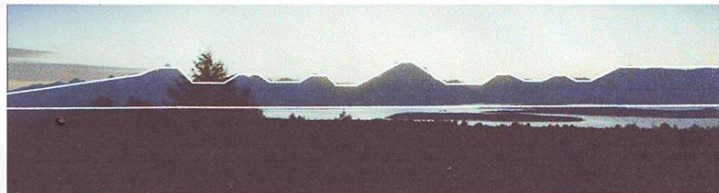
ритм картини
(аналіз побудови)



орнаментальний ритм
(грецький орнамент)



природний ритм
ландшафту



метричний ритм
(ритмостенографія
комплексу)



архітектурний ритм



Рис. 33. Присутність ритмометричних закономірностей у навколишньому світі


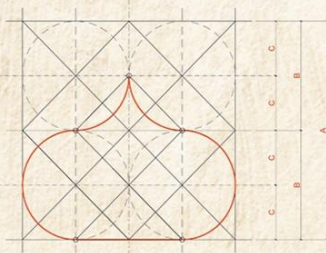

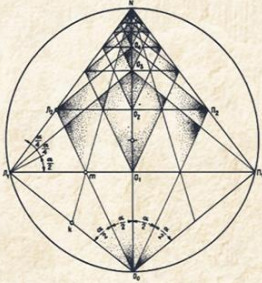


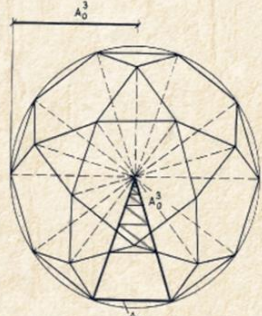


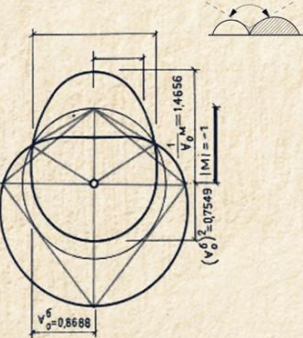
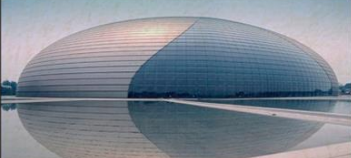
| Аналіз різноманітних біонічних систем через моделювання | | Форма | Прототип живої природи. Аналіз біоформи | Біонічне моделювання з вивченням пропорційних закономірностей | Втілення просторових структур в архітектурі |
|---|--------------------------------------|---|---|---|--|
| | | 1 | сферична |  <p>Цибуля</p> |  <p>"Крапля"</p> |
| 2 | пірамідоподібна |  <p>Термітник</p> |  <p>Піраміда</p> |  <p>Сучасне трактування піраміди</p> | |
| 3 | сферична циркулярна |  <p>Апельсин</p> |  <p>Багатогранна сфера</p> |  <p>Сферичний каркас</p> | |
| 4 | продовгуюто-витягнута, краплеподібна |  <p>Кабачки</p> |  <p>Поєднання обтічних форм</p> |  <p>Еліпсоподібна оболонка</p> | |

Рис. 34. Біотектонічне моделювання. Аналіз геометрії природних форм





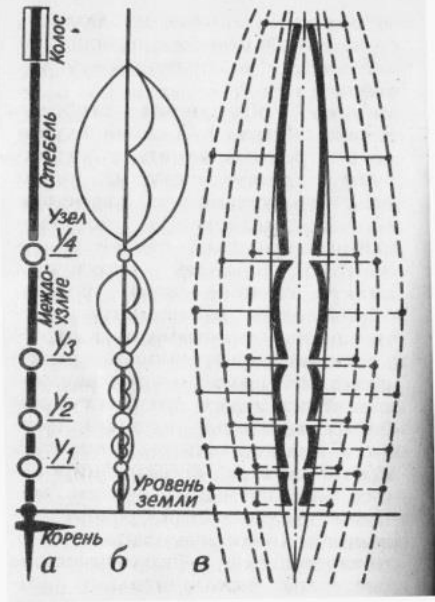
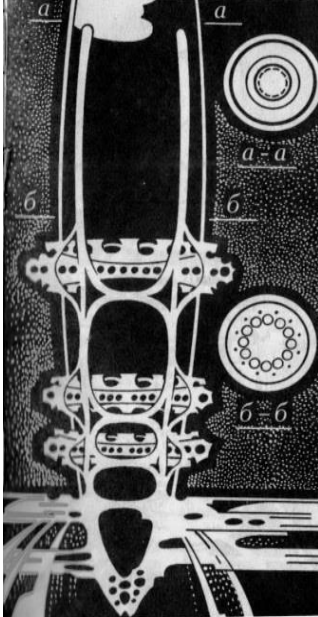
| | | |
|--|---|---|
| <p>Пластичність форм у живій природі</p> |  |  |
| <p>Плавні лінії сумарного обрис-контуру прототипа і композиції ансамблю в архітектурі “півміста”</p> |  |  |
| <p>Циклічність і повторюваність явищ, деталей та елементів в природі, суспільному житті та архітектурі</p> |  |  |
| | <p>Система опорних веретеноподібних оболонок стебла</p> | <p>Модель біотектона</p> |

Рис. 35. Метод архітектурної біоніки.
“Прийоми” гармонізації, запозичені в природі

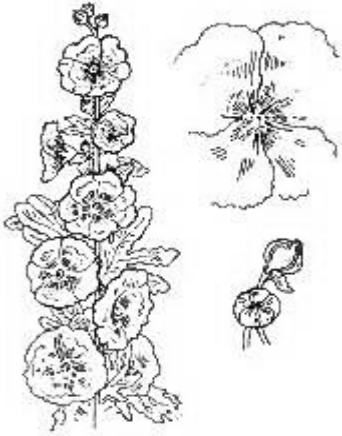
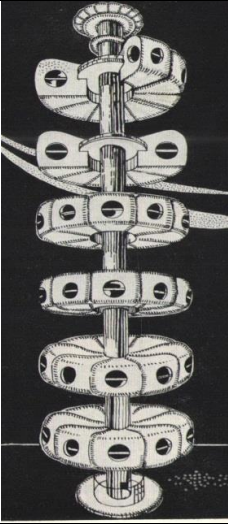

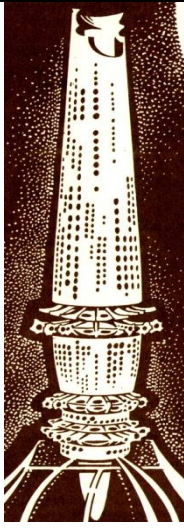
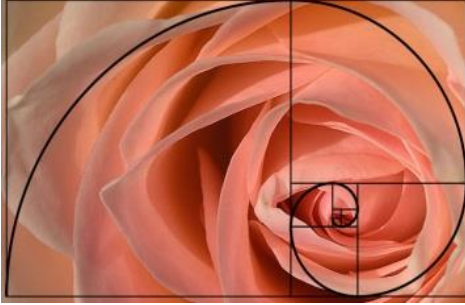

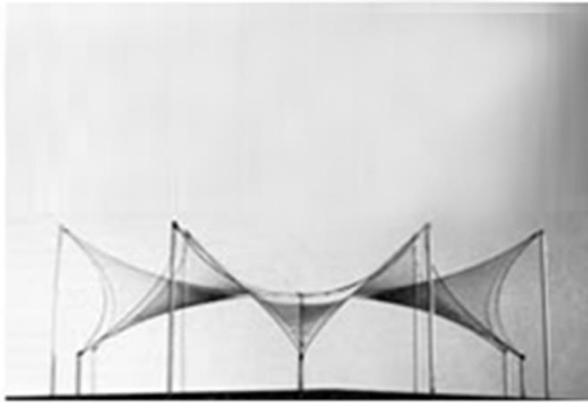
| | | |
|---|---|--|
| <p>Гармонізація пропорцій і повторюваність співвідношень у природі</p> |  |  |
| | <p>Мальва</p> | <p>Будинок-мальва Ю. Лебедева</p> |
| <p>Супідрядність елементів композиції цілому та гармонізація одне відносно одного</p> |  |  |
| | <p>Стебло</p> | <p>Біотектон</p> |
| <p>Пропорційні закономірності</p> |  |  |
| | <p>Золотий переріз у природі (троянда)</p> | <p>Золотий переріз в архітектурі (Пантеон)</p> |

Рис. 35. Метод архітектурної біоніки.
“Прийоми” гармонізації запозичені в природі (продовження)



Фрей Отто. Дослідження моделі оболонки. Кельн. Германія.



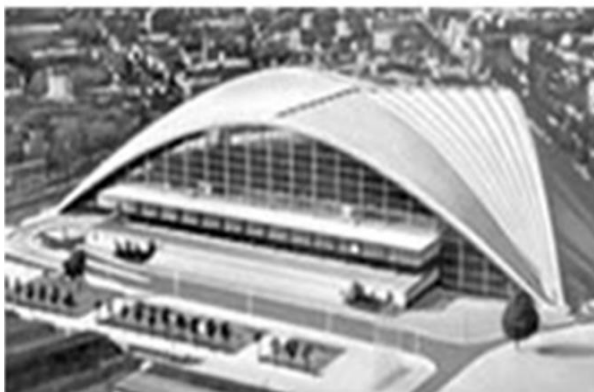
Фрей Отто облонка-шатер. Експозиція німецького павільйону. Германія.



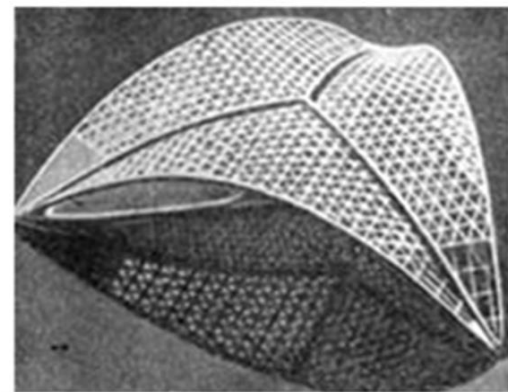
Олімпійський стадіон. Мюнхен. Германія. 1972



Виставковий центр. П'єр Луїджі Нерві. Італія. Турин.

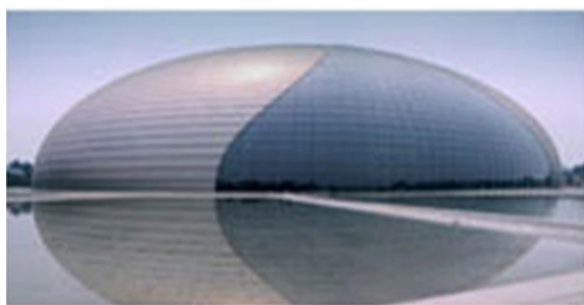


Національний центр промисловості та техніки. Париж. Франція. 1958.



Залізобетонний каркас оболонки (архітектор П.- Л. Нерві)

Рис. 36. Оболонки в природі й архітектурі.
Використання поверхонь подвійної кривизни в перекритті зальних приміщень



Оперний театр. Поль Андре.
Китай. м.Пекін



Концертний зал у Лондоні. "Фостер і
Партнери". Великобританія.



Салон Porsche. HENN
Architects. Німеччина



Даліанський Музей "Мушля".
м.Даліан. Китай



Термінал TWA в аеропорту
Кеннеді. Ееро Саарінен. США



Океанаріум Блакитна Планета.
м. Ересунн. Німеччина



Будинок океанаріума в «Місті
Науки». Іспанія. м.Валенсія



Культурний Центр ім. Гейдара
Алієва. Заха Хадід.
Азербайджан

Рис. 37. Біопрототипи оболонки в архітектурі



Океанаріум « Місто Науки» м.
Валенсія. Іспанія.



Ресторан в готелі «La Concha
hotel». Сан Хуан. Пуерто-Ріко.
арх. Jose R. Marchand.



Станція метрополітена «Ісані» в
Тбілісі. 1969. Архітектор Г. Ломідзе



Кафе «Перлина». Баку.



Каплиця Пріорат. Сент-Луїс.
США.



Державний цирк. Бухарест.
Румунія. 1960. Н.Полумбреско
Н.Прунку, К.Рулеа.



Культурний центр ім. Гейдара
Алієва. Азербайджан. Заха Хадід.



Місто майбутнього на воді -
«Латаття», Бельгія. В. Кальто.

Рис. 37а. Використання і розвиток поверхонь подвійної кривизни в архітектурі



Плевмоспоруди



Зимові сади в Сінгапурі



Рис. 38. Оболонки-шкаралупи в основі проектування пневмоспоруд







| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Мезоструктура (нерватура) листа лопуха</p> | <p>Об'ємне покриття конструкції споруд П. Л. Нерві</p> |
|  |  |
| <p>Нервюри листа каштана</p> | <p>Пласке покриття фабрики Гатті в Римі</p> |
|  |  |
| <p>Коріння старого дерева</p> | <p>Покриття головного зала Туринської виставки</p> |

Рис. 39. Диференційовані криволінійні конструктивні структури

Прийоми формотворення в живій природі(самоутворення і саморегуляція) і в архітектурі.

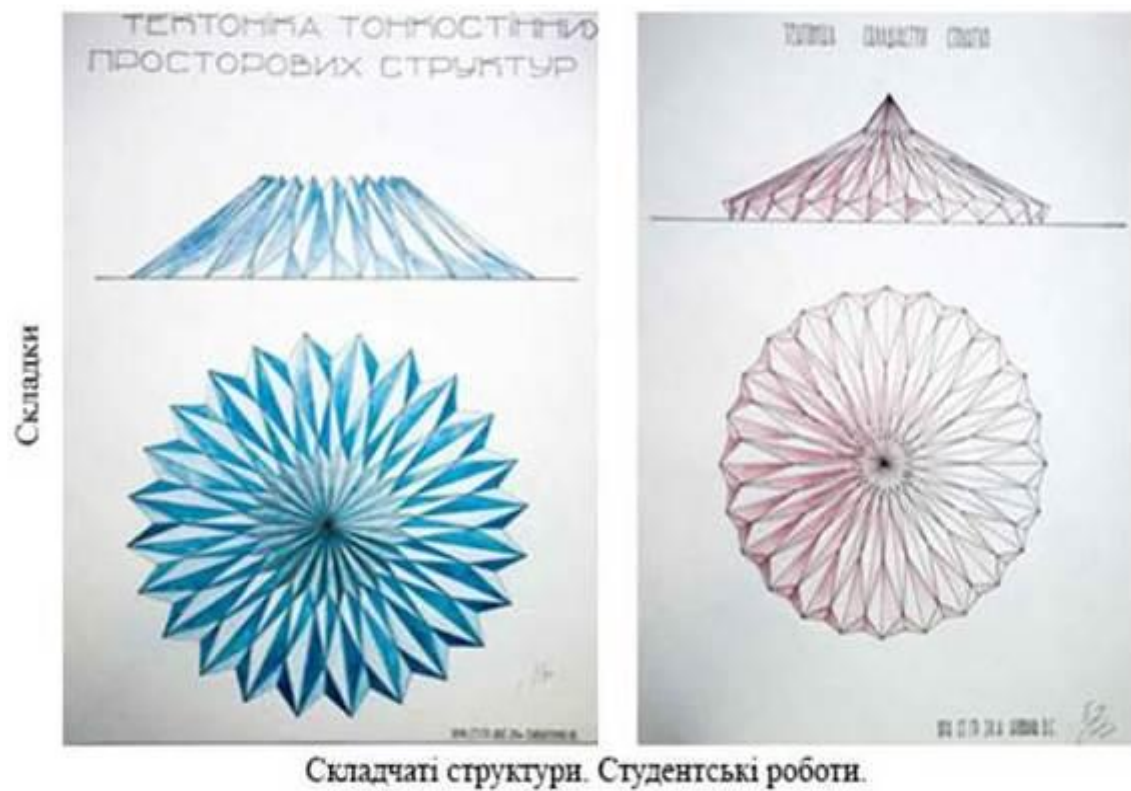
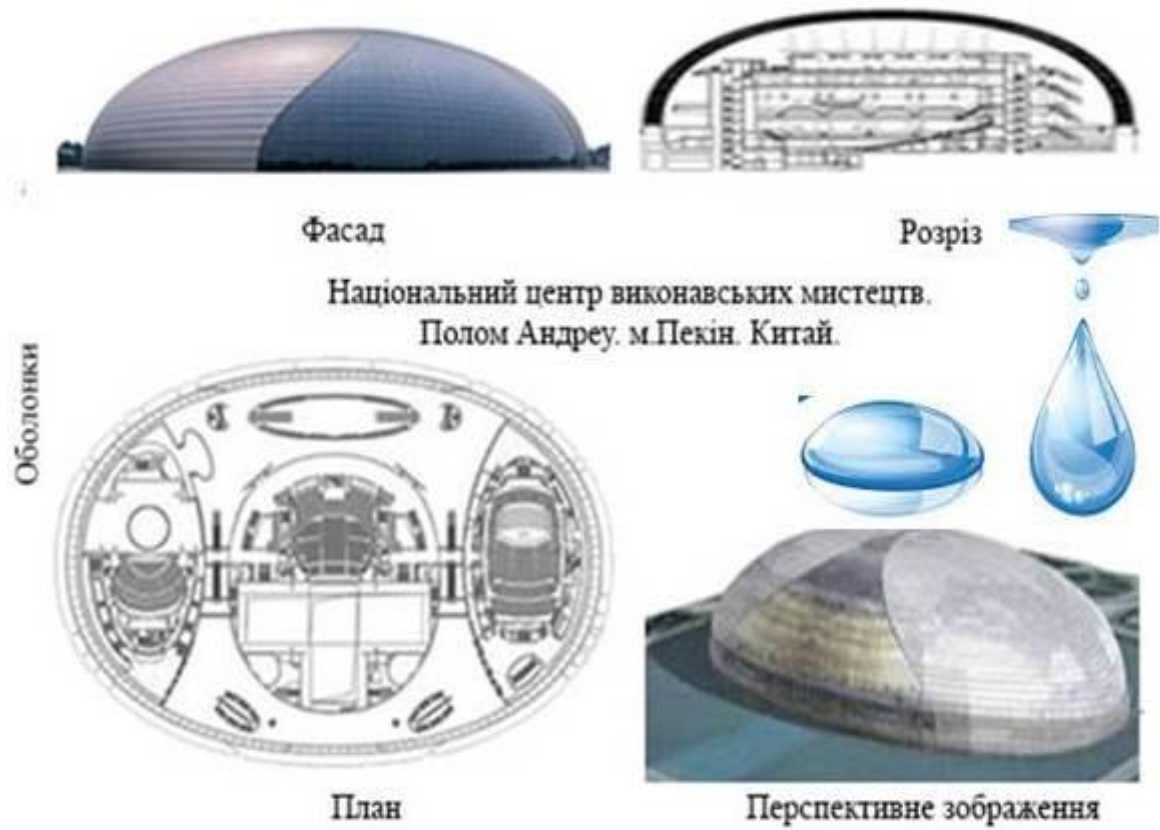


Рис. 40. Оболонки і складки в моделюванні зальних структур

Просторові тонкостінні структури

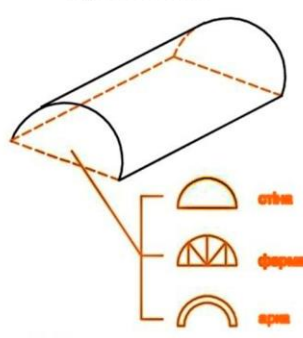
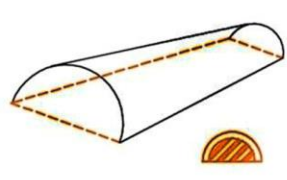
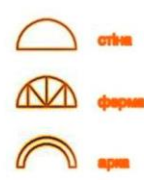
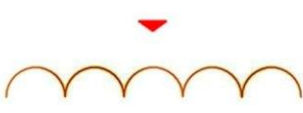
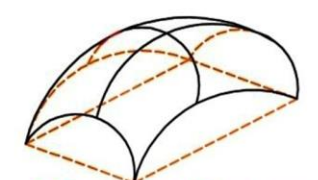
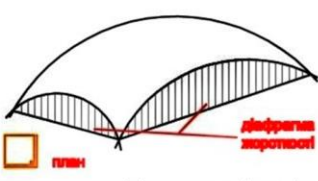

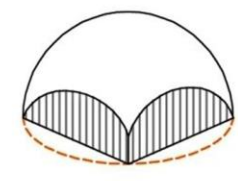
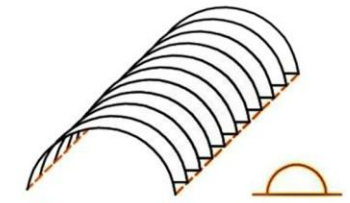
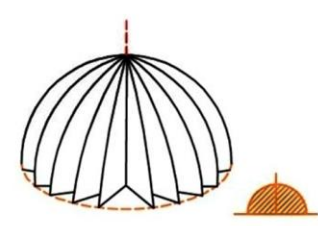
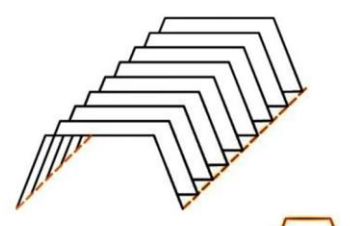
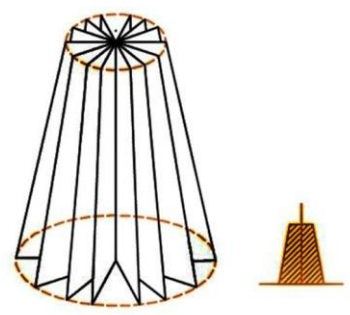
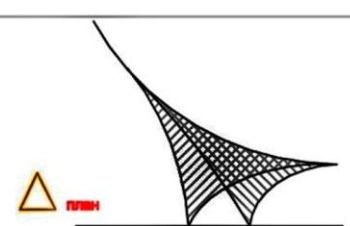

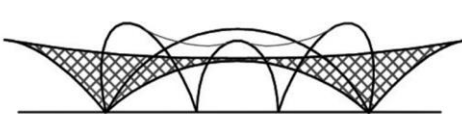
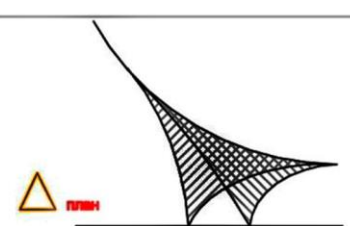
| <u>Оболонки</u> | <u>Складки і шатри</u> | |
|---|--|---|
| <p style="text-align: center;">Одиної кривизни</p>  <p>□ Оболонка циліндрична аналог : Колізей в Денвері</p>  <p>□ Оболонка конічна аналог : склад в Болгарії арх. Даганов</p>  <p>□ Результуючі циркульні (синусоїдальні оболонки)</p>  | <p style="text-align: center;">Подвійної кривизни</p>  <p>□ Оболонка бочарна</p>  <p>аналог : м.Бренмор, Англія фабрика</p> <p>□ Оболонка переносна</p>  <p>□ Оболонка тор (обертання сегмента кола) аналог : аеропорт Бориспіль</p>  <p>□ Оболонка сферична частина сфери</p> |  <p>□ Складчаті арки</p>  <p>□ Складчаті куполи</p>  <p>□ Складчаті рами</p>  <p>□ Складчаті шатри</p>  <p>□ Оболонка гіперболічна</p> |
|  <p>□ Оболонка купольна поверхня обертання</p> |  <p>□ Оболонка комбінована складна ресторан Мехіко арх.Кандела</p> |  <p>□ Оболонка гіперболічна</p> |

Рис. 41. Просторові тонкостінні структури



Собор — мала базиліка Святої Богоматері. м.Маринга. Бразилія.



Інститут робототехніки та кібернетики в Санкт-Петербурзі. Росія



Культурно-спортивний центр. Atrium Studio. Словаччина. м.Кошице.



Сучаний Фестивальний Хол в Ерлі. Великобританія. DMAA



Cadet Chapel - Кадетська базиліка (Колорадо, США)



Проект нового Страсбурзького Кафедрального Собору

Рис. 42. Складчасті структури в архітектурі зальних приміщень



Аеропорт Канзас-Сіті. Загальний вигляд і генплан



Проект плаваючого міста Harvest City



Міжнародний аеропорт і транспортний центр в Інчхон, Південна Корея

Уругвайський міжнародний аеропорт



Аеропорт у Шеньчжені, Китай

Міжнародний аеропорт в Бангкоку, Таїланд

Рис. 43. Органічність і пластика морфології сучасних аеропортів, запозичених у живій природі

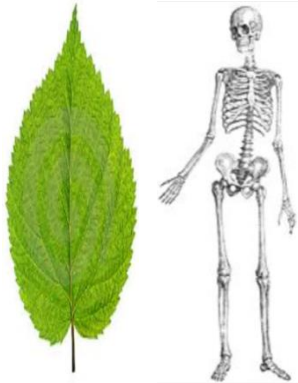
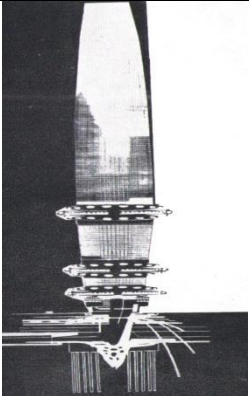







| | Аспект | Трансформація | Конструкція |
|-----------------|---|---|---|
| Міцність | Конструктивно-тектонічний аспект | Модель | Архітектура |
| |  |  |  |
| | Лист дерева Скелет людини | Біотектон | Готель "Парус" в Дубаї |
| Користь | Природно-кліматичний аспект | Модель | Архітектура |
| |  |  |  |
| | Соняшник | Модель трансформуючого покриття | Стадіон. Саморегуляція покриття |
| Краса | Естетичний аспект | Модель | Архітектура |
| |  |  |  |
| | Гусінь | Концертний зал в Лондоні, арх. Фостер і партнери | Пневмоспоруда |

Рис. 44. Основні аспекти біотектонічного моделювання









| | | | |
|--|--|---|--|
|  |  |  |  |
| <p>Пшениця</p> | <p>Хмарочос столиці Тайваню – у Тайбеї</p> | <p>Хмарочос у Дубаї</p> | <p>Хмарочос у Канаді</p> |
|  |  |  |  |
| <p>Молекула ДНК</p> | <p>Проект в ОАЕ – “Квітучий Дубай”</p> | <p>Хмарочос у Баку</p> | <p>Хмарочос у Дубаї</p> |

Рис. 45. Конструктивно-тектонічні системи в живій природі й архітектурі



Гакуен - спіральна вежа. Японія. м.Нагоя



Проект спіральної автостоянки у щільній забудові міста



Сент-Мері Екс 30. "Фостер і Партнери". Лондон



Кмарочос «Бурдж-Халифа»
Архітектори Skidmore,
Owings ,Merrill.



Проект хмарочоса.
Petra Architects



Оглядова дерев'яна вежа. Литва

Рис. 46. Використання спіральних біомоделей в архітектурі висотних будівель

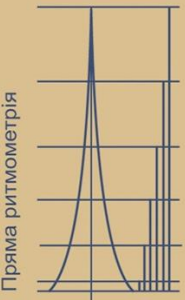
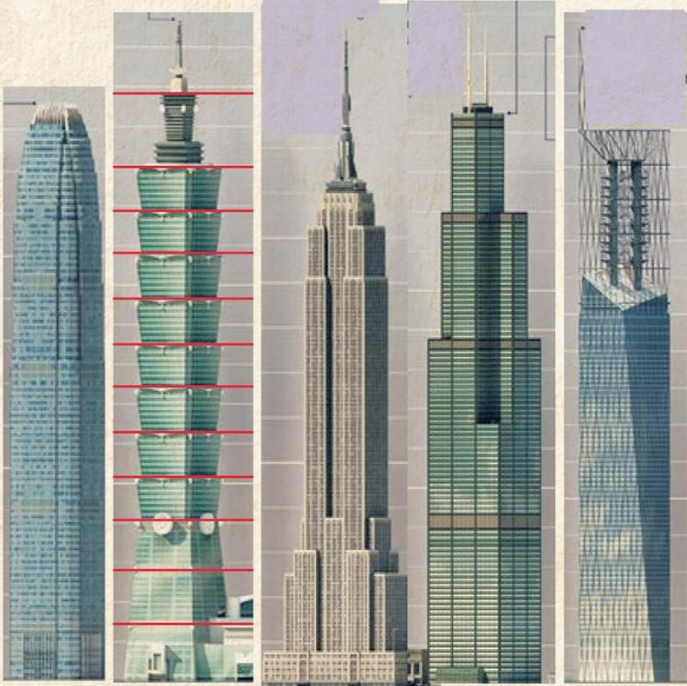



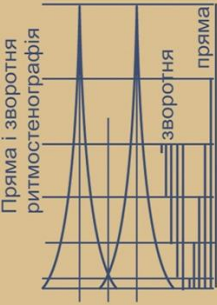
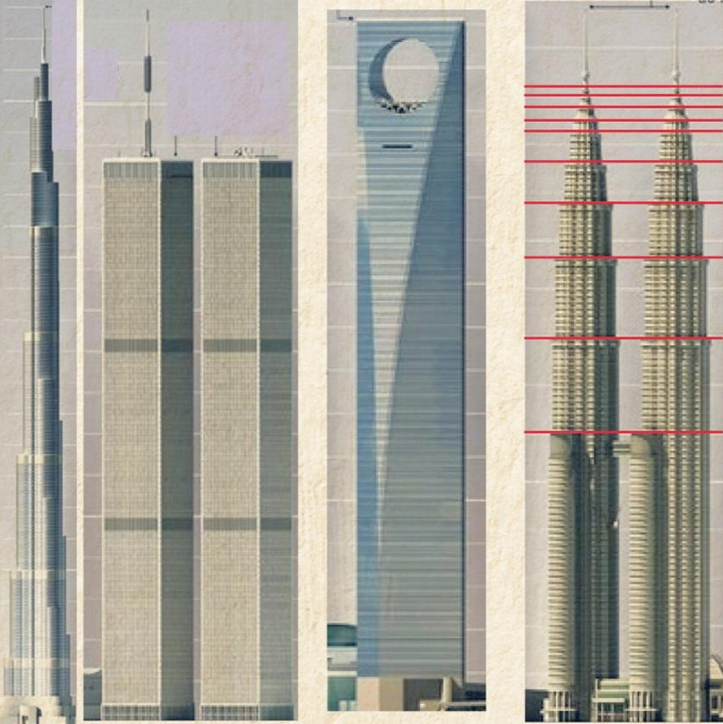



| | Назва об'єкту | Загальний вигляд (перспектива) | Пропорційні ряди | Розміщення |
|----|--|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| I | <p>1)Інтернаціональний центр фінансів. Гонг Конг.2003р.</p> <p>2)Тайпей. Тайвань 2004р.</p> <p>3)Емпайер Стайт Білдінг Нью-Йорк.1931р.</p> <p>4)Мао Таувер. Шанхай 1999р.</p> <p>5)Фрідом Таувер Нью Йорк.2009р.</p> <p>Гпряма ритмометрія</p>  |  <p>1 2 3 4 5</p> |  | <p>Складно точкова</p>  <p>Точкова</p>  |
| II | <p>6)Бурдж Дубаї. Дубаї 2008р.</p> <p>7)Ворлд Трайд Центр. Нью-Йорк 1973р.</p> <p>8)Шанхай Ворлд. Фінансовий центр 2007р.</p> <p>9)Башти Петронас. Малайзія 1998р.</p> <p>Гпряма і зворотня ритмостенографія</p>  |  <p>6 7 8 9</p> |  | <p>Точкова</p>  <p>Точково парна</p>  |

Рис.47. Аналіз пропорційних структур в форматворенні висотних будівель

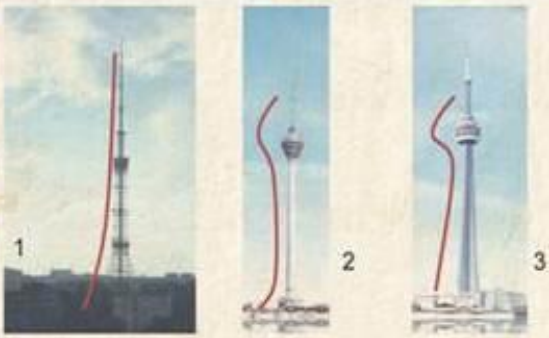





| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|--|--|--|---|-------------------|
| Назва об'єкту | Загальний вигляд (перспектива) та графік абрис-контура композиції | | Аналогії графіків | Пропорційні ряди | Схема |
| Вежі | Телевежі 1. телевежа в Києві; 2. телевежа в Дюссельдорфі 3. CN Tower в Торонто |  | В основі складні гіперболічні і параболічні функції |  | ○ Точкова |
| | Вежі 1. башня Шухова в Москві; 2. вежа Ейфеля в Парижі; |  | Структура фасадів нагадує графіки параболі і спадаючої синусоїди | Яскраво виражена динаміка криволінійних форм | ⊙ Складна точкова |
| Громадські будівлі | Одинарні 1. Swiss-Re Лондон 2. Empire state building Нью Йорк 3. Бурдж-Дубаї OAE 4. Бурдж аль-Араб Дубаї OAE |  | Структура будівлі нагадує графіки оберненої параболі |  | ● Точкова |
| | Зблоковані 1. Петронас тауэрс Малазія 2. "Фостер Тауэрс" Казахстан Алма ата |  | Структура будівлі нагадує графіки оберненої параболі | Динаміка виражена ритмом і ритмометром; нюансова присутня статика | ●—● Точково-парна |

Рис. 48. Застосування методу ритмостатики і ритмодинаміки в архітектурній композиції висотних споруд

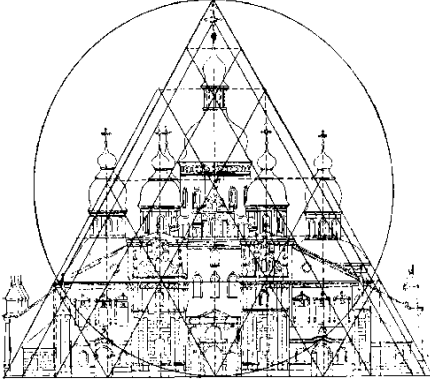
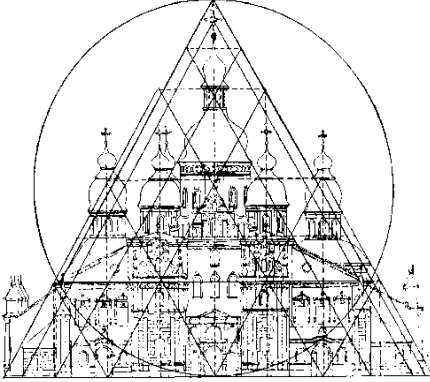
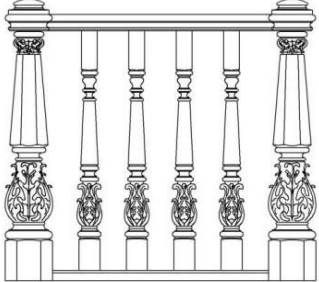

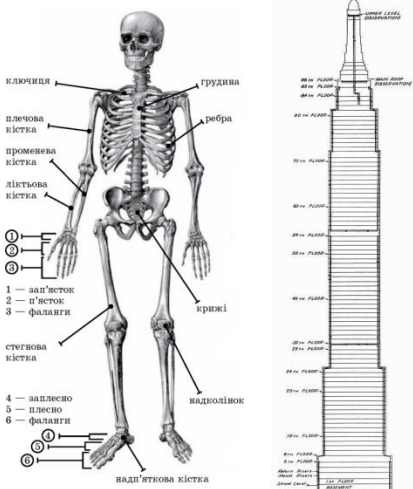
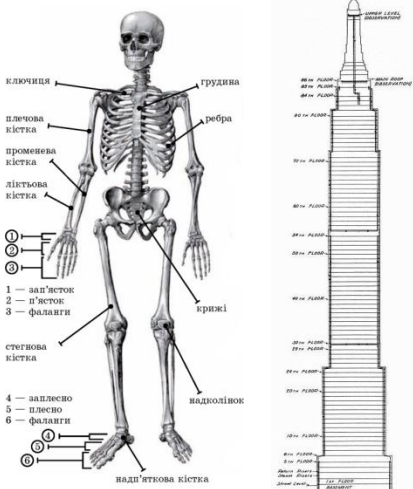
| | | |
|---|---|--|
| <p>Формальний аналіз</p> | <p>Використання зовнішніх обрисів природних форм, їх контурів</p> |  |
| <p>Пропорційний аналіз (Геометричний аналіз)</p> | <p>Порівняння і виявлення закономірностей у співвідношеннях між частинами одного цілого і між собою</p> |  |
| <p>Естетичний аналіз (Асоціативний аналіз)</p> | <p>Виявлення закладених природою "гарностей" у різних формах</p> |  |
| <p>Конструктивно-тектонічний аналіз</p> | <p>Оцінка опорних і конструктивних можливостей природної форми, структури і матеріалу, аеродинамічних і тектонічних можливостей</p> |  |
| <p>Структурно-фізіологічний аналіз (аспект)</p> | <p>Вивчення внутрішньої будови живих організмів</p> |  |
| <p>Функціональний аналіз</p> | <p>Процеси самоутворення; авторегуляційні властивості</p> |  |

Рис. 49. Види біотектонічного аналізу в архітектурі і дизайні

Середовище

Модель

Архітектура

а) повітря



Динаміка форми

Інтернаціональний аеропорт
королеви Алії. Фостер і
партнери. м.Амман. Йорданія

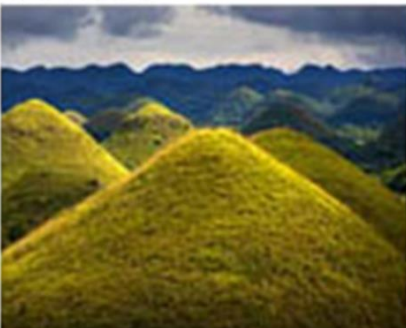
б) вода



Динаміка форми

Готель Бурдж Аль-Араб.
м.Дубаї. ОАЕ. 1999

в) земля



Статика форми

Єгипетські піраміди. Гіза

Рис. 50. Середовищний підхід в архітектурній біоніці. Об'єкт і середовище

Природні асоціації

Рівень архітектури

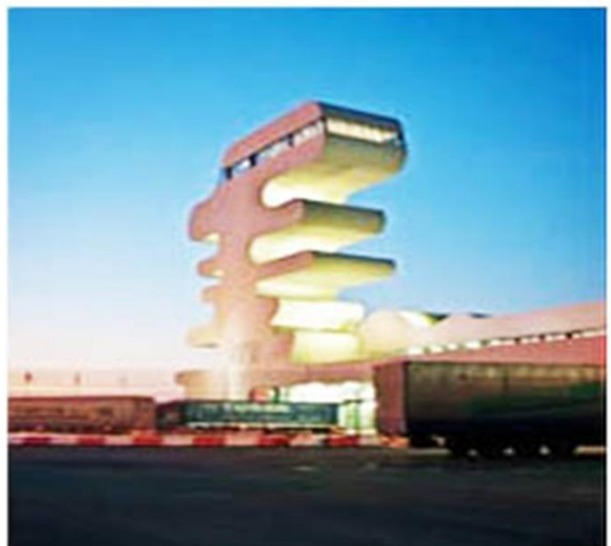
1)



Прототип

Інтер'єр приміщення

2)



Прототип

Фасад будівлі

3)



Прототип

Архітектурний ансамбль

Рис. 51. Формоутворюючі аналогії живої природи та архітектури на різних рівнях

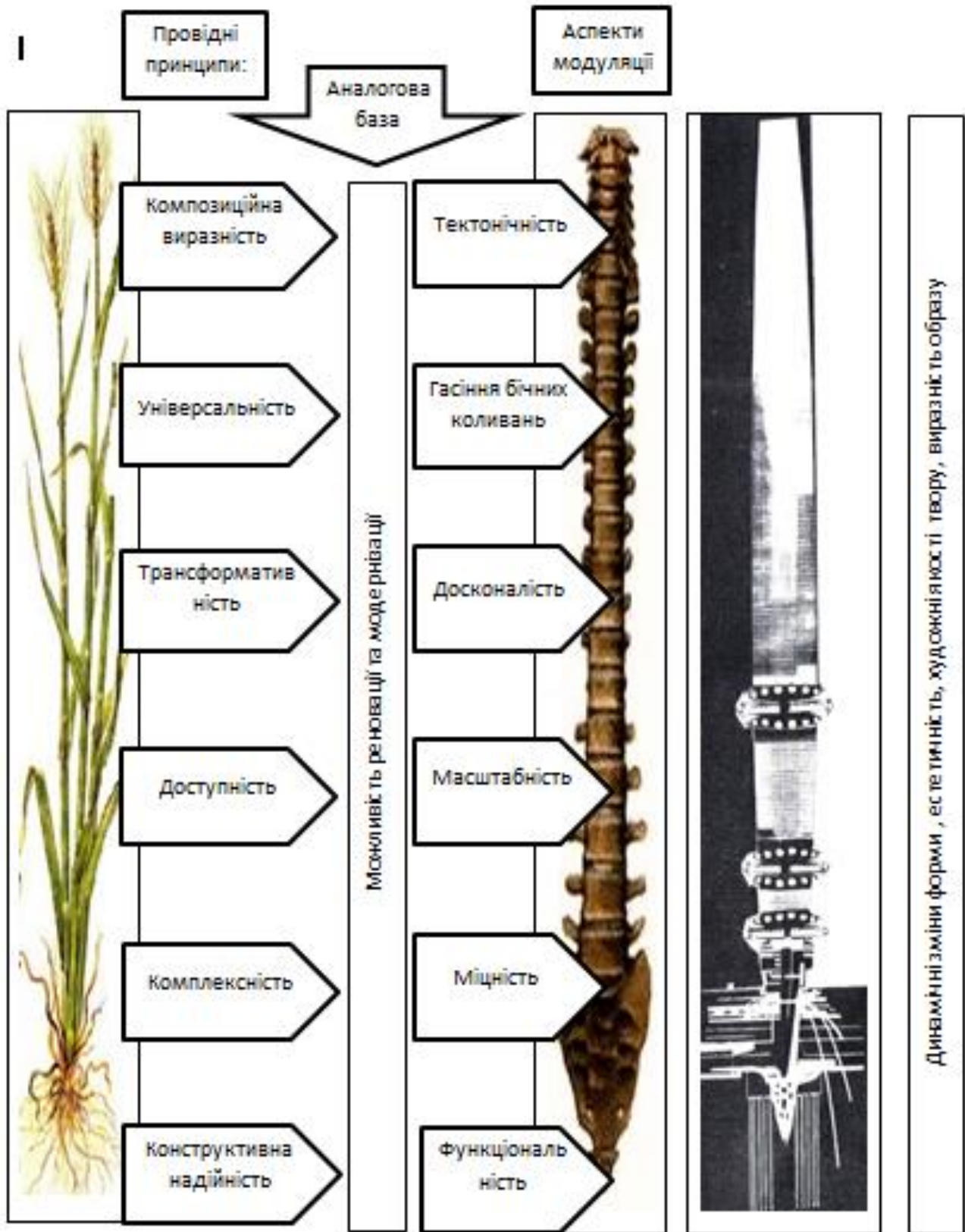


Рис. 52. Принципи трансформативного переходу від прототипа до проєктованого об'єкта



Печерні сталактити



Забудова сучасного міста



Морська мушля



Національний Музей Зайед.
Фостер і Партнери. ОАЕ.
Абу-Дабі



Гусінь



Концертний зал у Лондоні. Фостер і
Партнери. Велика Британія.



Морська хвиля



Салон Porsche. HENN
Architects. Німеччина

Рис. 53. Природні аналоги в архітектурі на основі аналізу форми







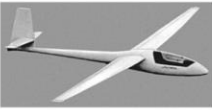


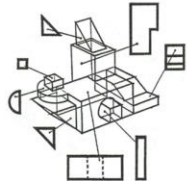



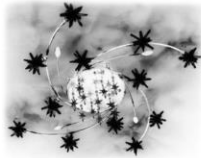







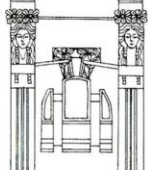
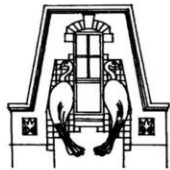
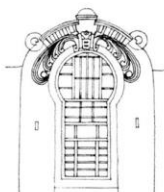


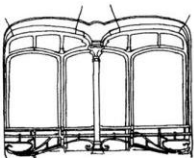



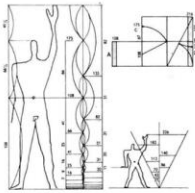
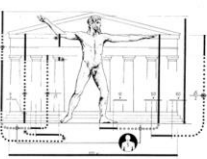



| № | Запозичені мотиви архітектурної композиції | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Види | Антропоморфні | Міфологічні | Зооморфні | Фітоморфні | Геометричні |
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
| I. Біотектонічні прототипи модерну |  |  |  |  |  |
| II. Техніка |  |  |  |  |  |
| III. Побутова та оргтехніка |  |  |  |  |  |
| IV. Види декору модерну |  |  |  |  |  |
| V. Типи завершень покрівель |  |  |  |  |  |
| VI. Вікна в модерні |  |  |  |  |  |
| VII. Біотектонічні аналогії в архітектурі |  |  |  |  |  |

Рис. 54. Ритмостенографічні аналогії форм сучасної побутової техніки і знакової архітектури модерну


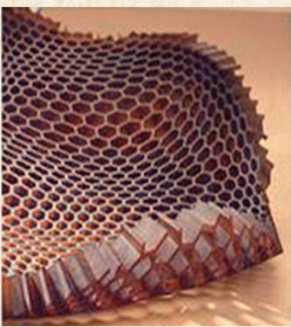




| 1 | Прототип живої природи. Аналіз біоформи | Біонічне моделювання з вивченням пропорційних закономірностей | Втілення в архітектурних просторових структурах | планувальна схема |
|---|---|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 |  |  |  |  лінійна комунікаційна |
| 2 |  |  |  |  точкова |
| 3 |  |  |  Арх. Отстон. Сідней. Австралія. Театр. |  лінійна |
| 4 |  |  |  Саарінен. Аеропорт. США (за Михайленко В. С., Каченко О. В.) |  складна |

Рис. 55. Архітектурна біоніка


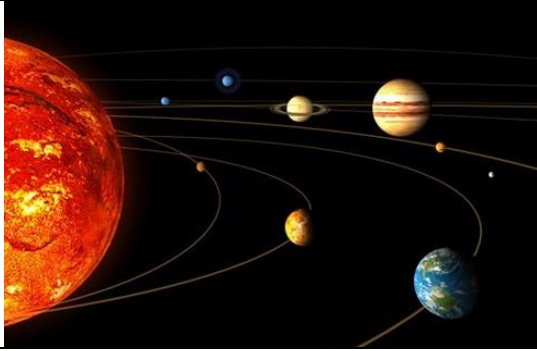



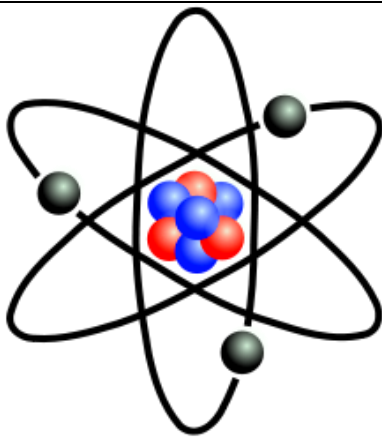
| | | |
|---------------|---|--|
| Макрокосмос | Неспіврозмірні людині | |
| |  |  |
| | Всесвіт | Сонячна система |
| Мезоструктура | Співрозмірні людині | |
| |  |  |
| | Мушля | Хмарочос в Японії |
| Мікрокосмос | Неспіврозмірні людині | |
| |  |  |
| | Структура молекули ДНК | Будова атома |

Рис. 56. Різні рівні біотектонічного аналізу моделі-прототипу



а) аксесуари в інтер'єрі, освітлювальні прилади і оздоблення;



б) інтер'єр приміщень з застосуванням стільників;



в) екстер'єр, фасад будівлі;



г) генплан комплексу, містобудування;

Рис. 57. Тема “Стільникова”.
Комбінаторика на різних рівнях біодизайну й архітектури

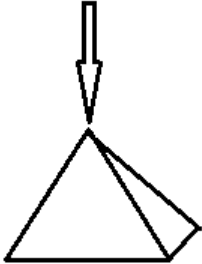
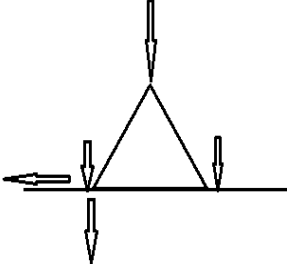
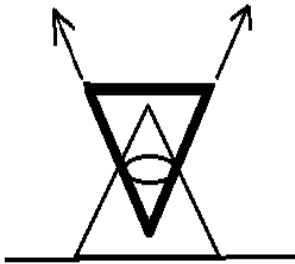

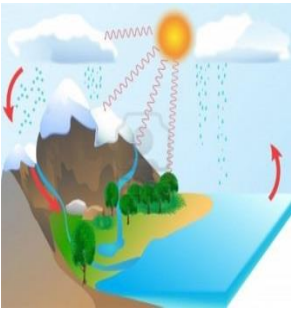




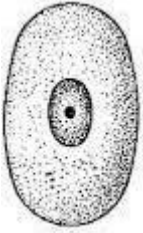



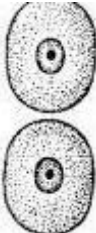





| Вплив гравітації на формування і розвиток живих організмів | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  | |
| Тектонічність в живій природі | Конус росту | Конус стійкості | | |
| Відновлюваність і невідновлюваність форм і процесів в живій природі | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Циркуляція води в живій природі | Згорання в живій природі | Гусінь | Кокон | Метелик |
| Репродуктивна функція і здатність до поділу клітин живих організмів | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Поділ клітини людини | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Насіння помідору | Насіння дині | Насіння кульбаби | Реп'ях | Спори грибів |

Рис. 58. Зміст інформативності в живій природі на різних рівнях

| Середовищний аспект | | | |
|------------------------|---|--|---|
| Середовище проживання: | Вода | Повітря | Земля |
| |  |  |  |
| | Риба | Птах | Мурашник |
| |  |  |  |
| | Підводний човен | Літак | Піраміда в Єгипті |
| | Гідродинаміка | Аеродинаміка | Статика |

Середовищний аспект у формуванні штучного середовища



Подібність прибережних ліній під час “розділення” материків



Подібність процесів у макрокосмосі:
формування материків і “міграції” континентів

Рис. 59. Деякі ознаки штучного формоутворення

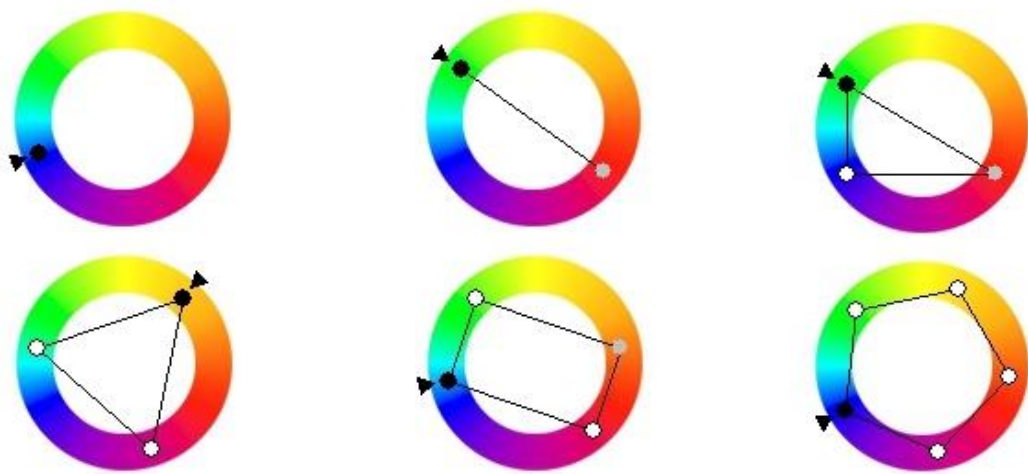
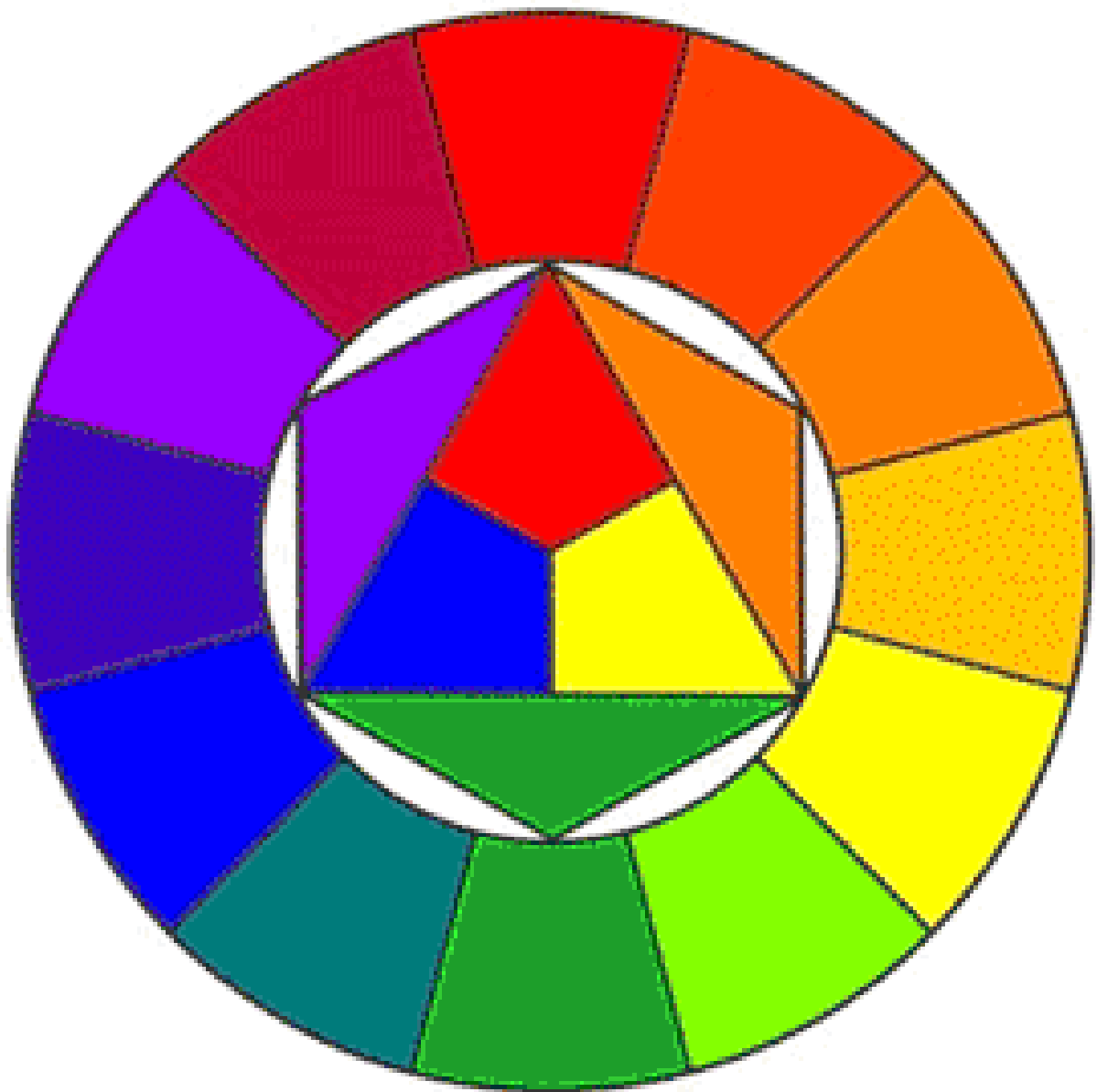


Рис. 60. Колірний спектр основних кольорів і використання кольору у формуванні гама










| | | | | |
|-----------------|--|---|--|---|
| Захисні | Фактор психофізіологічного комфорту |  |  |  |
| | | Отруйна мупага | Квітка | Кушинка |
| Маскувальні | Колір як фактор в системі засобів везучої інформації |  |  |  |
| | | Метелик | Хамелеон | Змія скельна |
| Попереджувальні | Колір як фактор емоційно-естетичного впливу |  |  |  |
| | | Жаба отруйна | Риба "Світляк" | Сороконіжка "Африканська" |

Рис. 61. Основні властивості кольору в живій природі

- Попереджувальна функція кольору (яскраві, контрастні кольори)



Попередження про небезпеку, звернення уваги

- Захисна функція кольору



Малюнок і текстура, схожі на очі кішки, відлякують птахів

Колір рослини приваблює комах та іншу здобич у пастку

- Маскувальна функція кольору (нюансні кольори, схожа текстура)



Маскування в навколишньому середовищі

Рис. 62. Основні функції кольору в живій природі

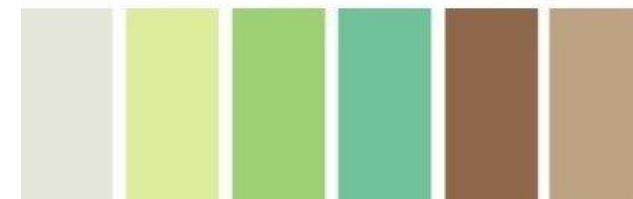
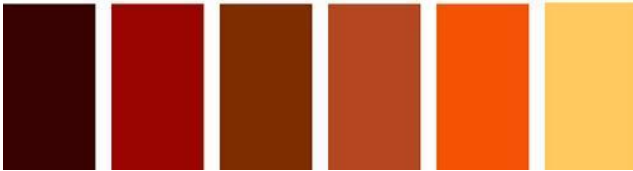


Рис. 63. Підбір колористичної гами інтер'єру за природними прототипами



Рис. 64. Приклада використання різних кольорів в оздобленні інтер'єру



Рис. 65. Інтер'єри станцій Мюнхенського метрополітену



The ARC- River Culture Мультимедійний Театр



Приклади зміни характеру будівлі в залежності від її освітлення



Рис. 66. Колір в дизайні та архітектурі. Контраст і нюанс в колористиці

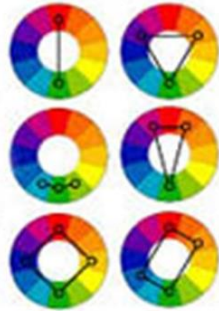
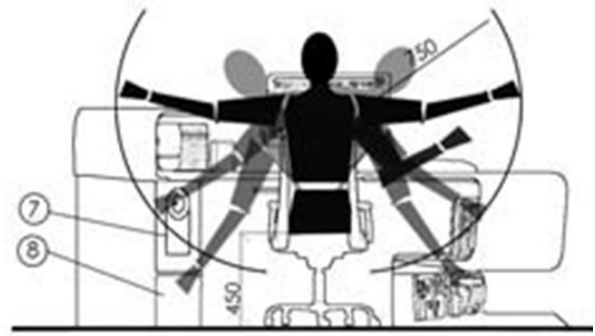
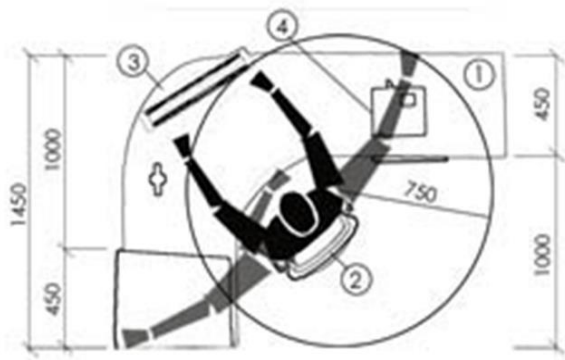


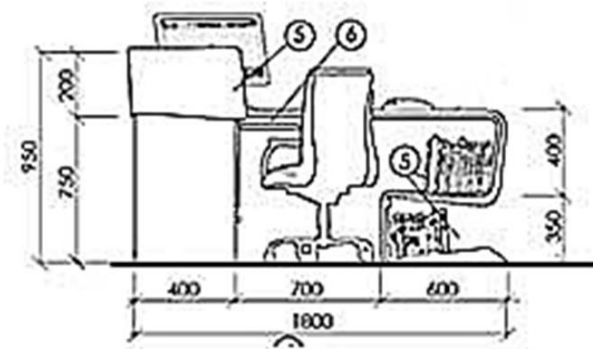
Рис. 67. Використання кольору в містобудуванні та фасадах будівель



а) організація робочого місця (РМ);

Експлікація

- 1 Стіл
- 2 Комп'ютерне крісло
- 3 Монітор
- 4 Телефон
- 5 Полиці
- 6 пульти управління
- 7 Системний блок
- 8 Шухляда



б) Приклади трансформації меблів;



в) приклади модульної трансформації меблів;



Рис. 68. Ергодизайн у формотворенні індивідуального середовища



а) зовнішня подібність біоформ і ергодизайну меблів та обладнання;



б) трансформація робочого місця дизайнера (РМ);



Рис. 69. Ергодизайн трансформованих меблів

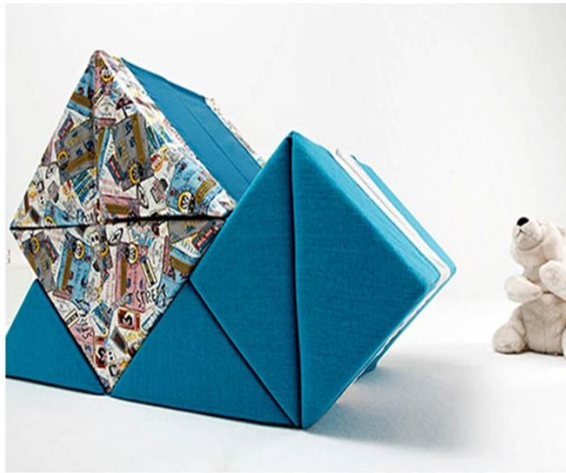
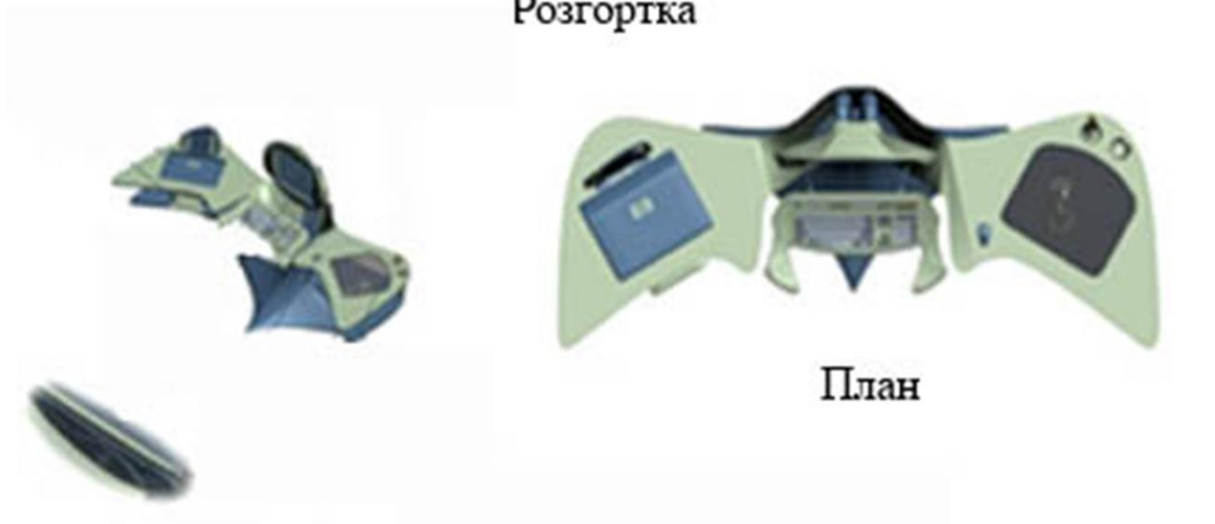


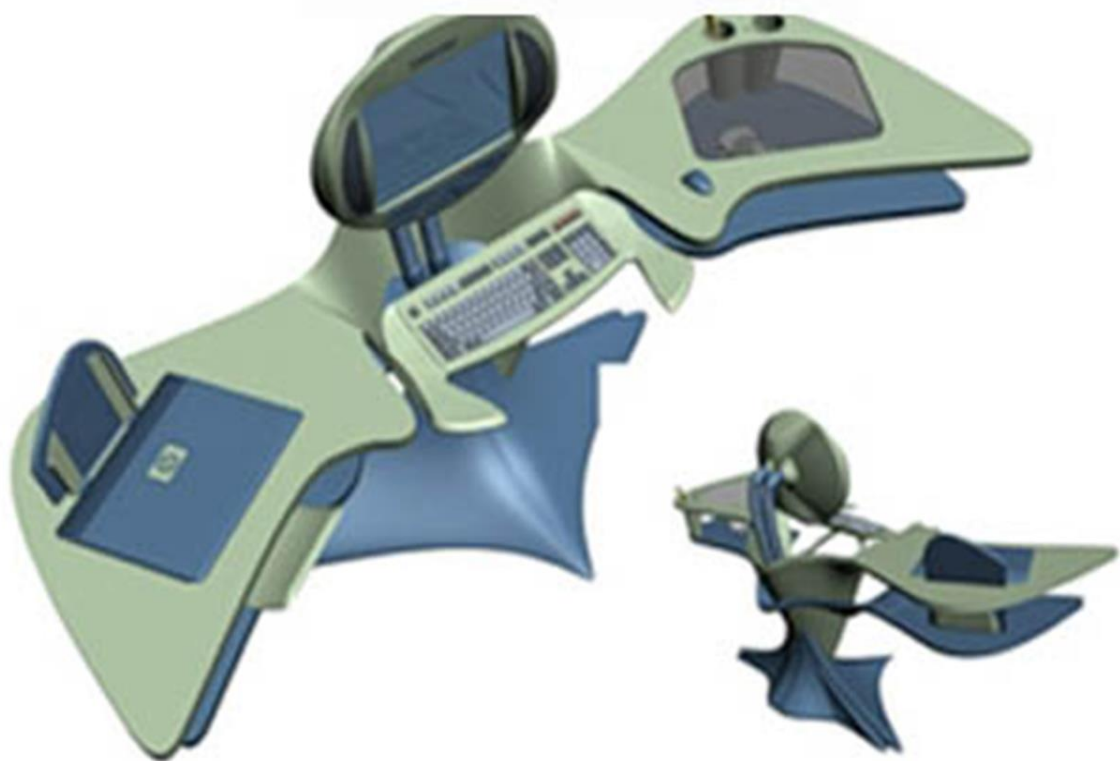
Рис. 70. Середовище і архітектура. Трансформовані меблі



Розгортка




План



Загальний вигляд

Рис. 71. Архітектурна комбінаторика в дизайні офісних меблів

| № | Характерна функція | Аналогічна функція в живій природі | Аналогічна в суспільстві і штучному формоутворенні |
|---|---|---|---|
| 1 | Конструктивно-тектонічна функція Стійкість стовбура дерева |  |  |
| | | Дерево та піраміда “росту” | О. Німейєр “Музей сучасного мистецтва”. Бразилія |
| 2 | Функціональна система життєдіяльності |  |  |
| | | Спіраль молекули ДНК | Хмарочос у формі спіралі |
| 3 | Механічна функція (телескопічний ефект) |  |  |
| | | Грудна клітка | Міст “Пітон” в Амстердамі |
| 4 | Природно-кліматичний аспект Саморегуляція в природі |  |  |
| | | Соняшник, авторегуляція | Олімпійський стадіон в Римі |
| 5 | Фізіологічна Функція (ізоляція) |  |  |
| | | Риби | Готель “Парус” в Дубаї. ОАЕ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | Функція саморегуляції і самоутворення |  |  |
| | | Крапля, самоутворення | Обтічні “мінімальні” поверхні |
| 7 | Трансформативна функція (регенерація форм) |  |  |
| | | Книга | Готель “Космос”, м. Москва |
| 8 | Властивості кольору Світло |  |  |
| | | Око хижака | Колір в інтер’єрі |
| 9 | Соціальна функція (синтез “соціальної” піраміди і тектоніки форм – через земне тяжіння) |  |  |
| | | Стійкість “прямої” піраміди | Піраміда в Луврі |

Рис. 72. Асоціативність морфологічних і функціональних процесів у природі та штучному формотворенні



а) швидкісний міжміський транспорт майбутнього;



б) швидкісний міський транспорт;



в) ергодизайн сучасного підземного транспорту великих міст;

Рис. 73. Швидкісний транспорт. Біоформи в ергодизайні



а) аеродинамічність і ергономічність



б) обтічність форми



в) біонічність і органічність

Рис. 74. Біодизайн морських швидкісних транспортних засобів

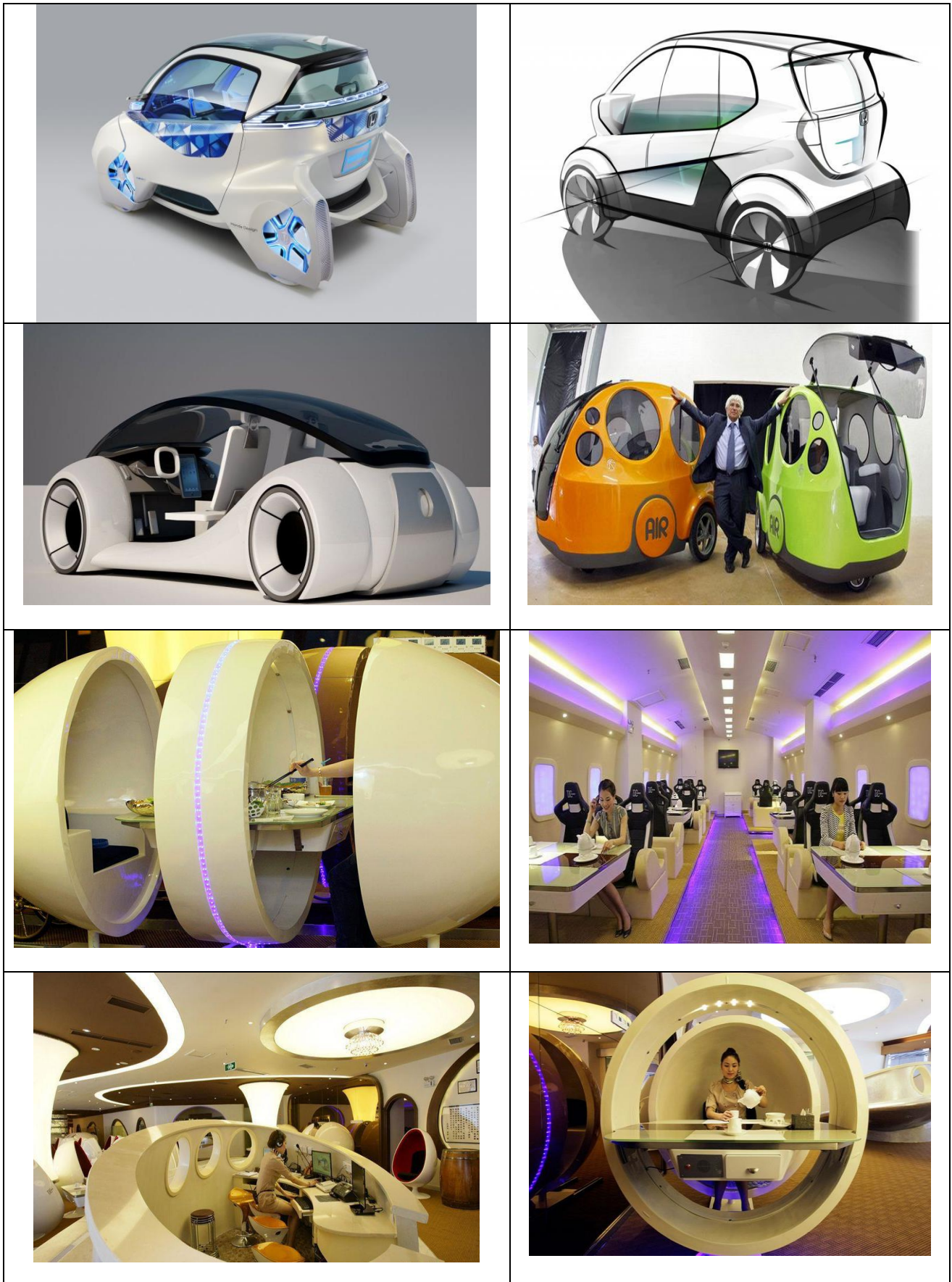


Рис. 75. Ергодизайн біопрототипів елементів сучасного транспорту і дизайну інтер'єрів



Рис. 76. Ергономічні основи проектування сучасних біороботів

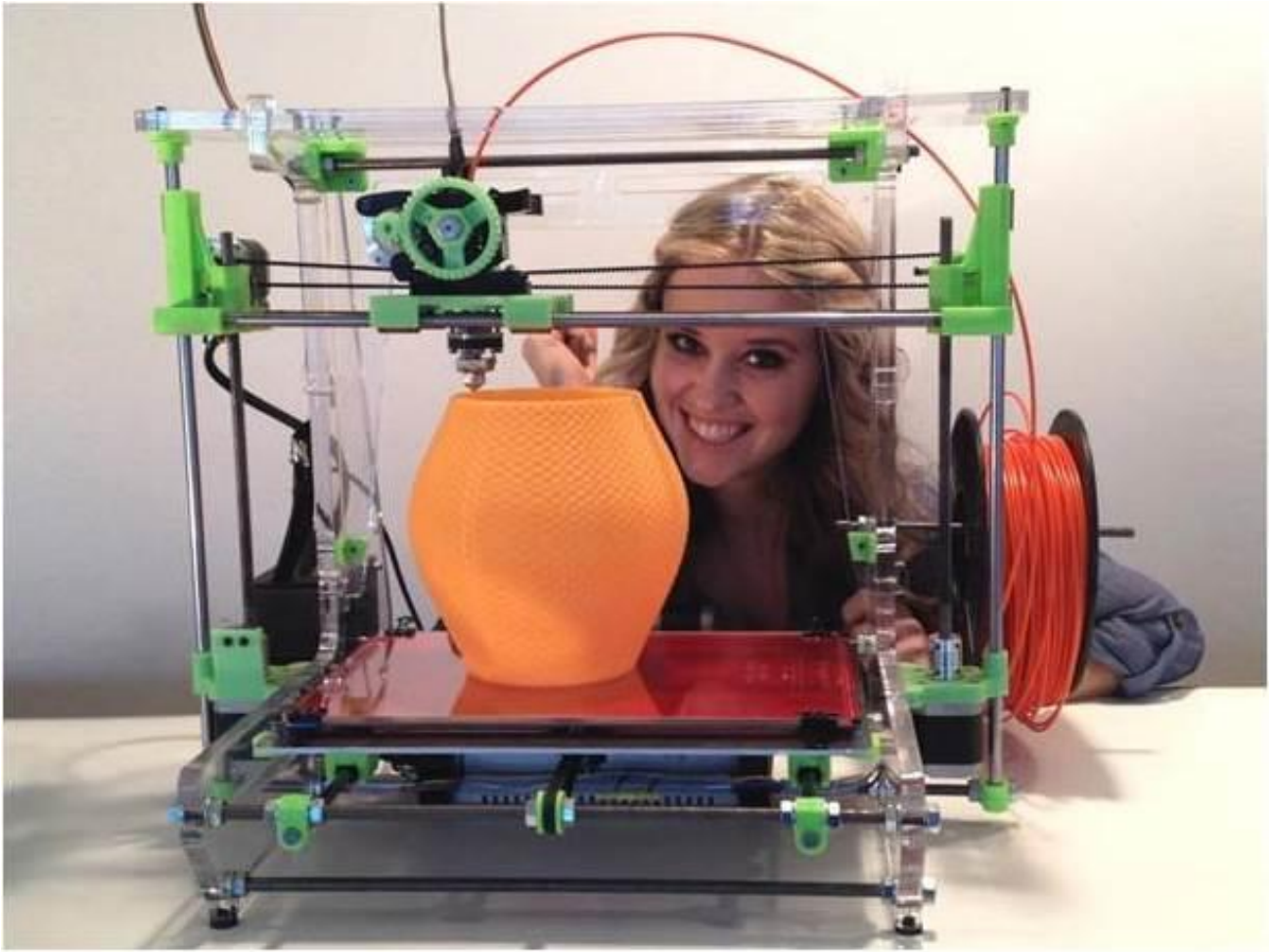
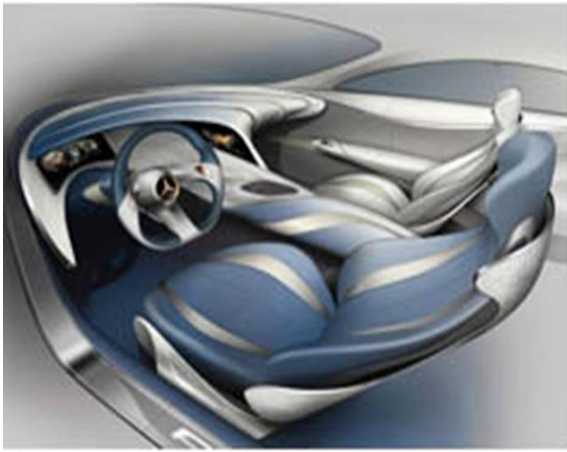


Рис. 77. Адаптація в проектний процес інноваційних технологій. 3D-принтери



• ергономічність і зручність



• швидкість і репрезентативність



• простота у використанні



• динамічність і виразність

• пластичність і обтічність форми



Рис. 78. Використання біоформ в ергодизайні. Ознаки органічності форм

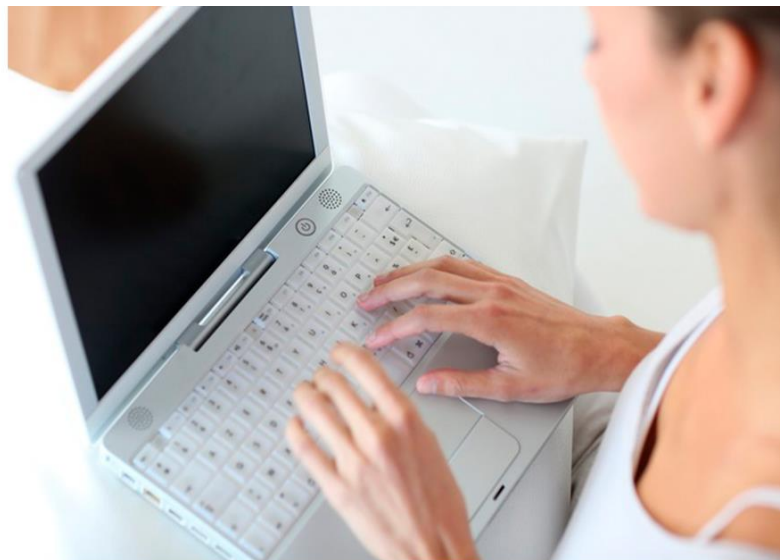


Рис. 79. Ергодизайн побутових речей і технічних новинок

Нюанс



Контраст



Контраст

Нюанс



Нюансне і контрасне розмщення туристичних готелів на гористому і рівнинному рельєфі



Студентська робота (М. Галігузова)

Рис. 80. Контраст і нюанс на рельєфі



Абатство Мон Сент Мішель у Франції.



Комплекс Акрополя в Афінах (Греція).



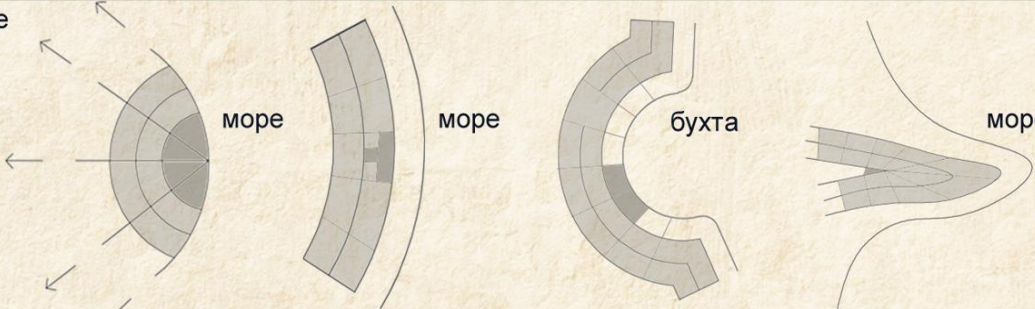
Органічність взаємозв'язку схилів Дніпра і двіниці Печерської Лаври в Києві



Рис. 80а. Органічний взаємозв'язок архітектури з природою





Засоби архітектурної композиції- нюанс і контраст на рельєфі різного характеру

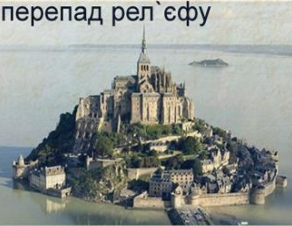


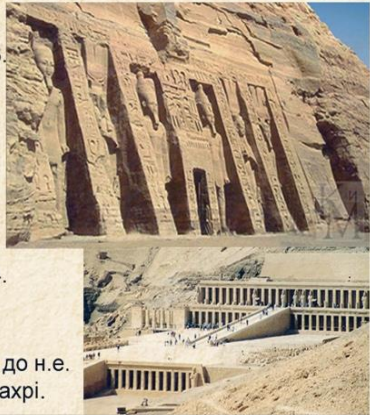
а). море



б). озеро
 комп. у.м. Бразилія, О. Німейсер



в). ріка
 атомний центр
 арх. Саарінен, Пром "Версаль" "Дженерал Моторс"

 р. Дніпро, м. Київ


г). гори, перепад рел'єфу

- 
- 
- 
- 

1. Абатство Мон-сен Мішель (Фр.)
 2. Замок дуплус, Ірландія
 3. Храм Абу Сімбел, Єгипет, 12-13 ст. до н.е.
 4. омплекс храмів в горі Дейр-ель Бахрі.

Рис. 80б. Фактори природного ландшафту, що впливають на формування архітектури



Рис. 81. Амфітеатр Ред Рокс у Денвері (США). Вдале використання рельєфу

Природна аналогія



• виверження вулкана

Організація поверхні



О
Б'
Є
М

об'ємна композиція



• скельне угруповання

П
О
В
Е
Р
Х
Н
Я



площинна композиція



• гніздо осиної сім'ї

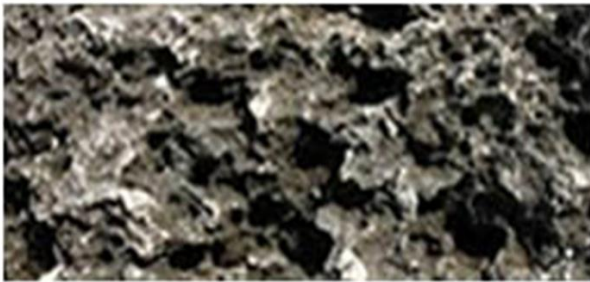
К
О
Н
С
Т
Р
У
К
Ц
І
Я



об'ємно-просторова композиція

Рис. 82. Аналогії. Використання природних прототипів в різних видах архітектурної композиції

Пластика поверхні



Природна поверхня каменю

Поверхня. Фактура.



Офіс "Dear Ginza". Amano design office. Токіо. Японія

Пластика об'єму



Формотворення пісчаних пустель



Проект мисливського будиночку. Краснодар. Росія

Об'єм



Утворення снігових заметів



Культурний Центр ім. Гейдара Алієва. Заха Хадід. Азербайджан

Рис. 83. Спільні ознаки формотворення в живій природі й архітектурі

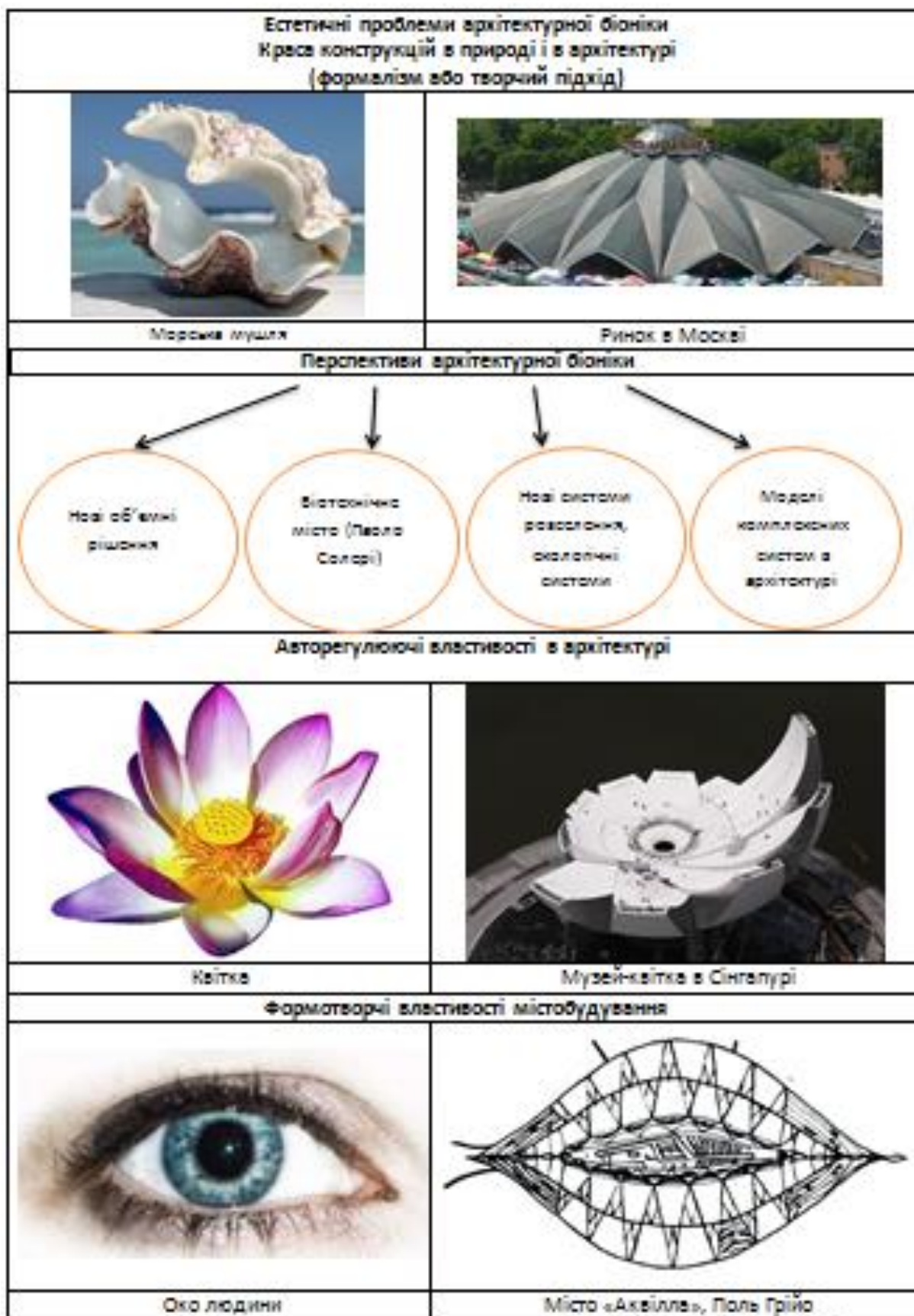


Рис. 84. Вплив біоформ на вирішення містобудівних комплексів



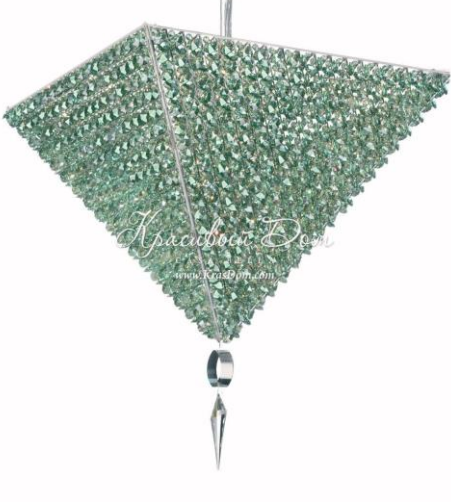



| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Світильник “Метелик”</p> | <p>Світильник “Спіраль”</p> |
|  |  |
| <p>Світильник “Піраміда”</p> | <p>Світильник “Шишка”</p> |
|  |  |
| <p>Світильник у вигляді павука</p> | <p>Світильник у вигляді краплі</p> |

Рис. 85. Предметне середовище. Різновиди інтер'єрних світильників



1



1



2



3



4



4



4



6



5

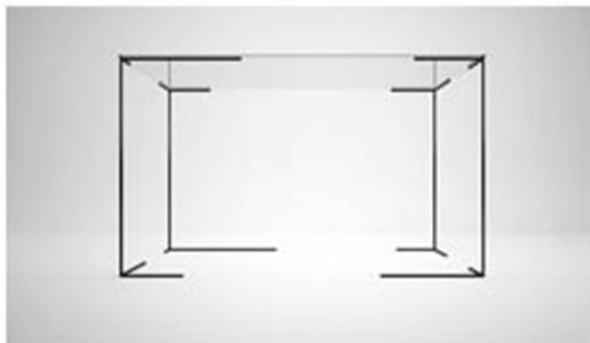
Рис. 86. Види світильників: 1 – звичайні; 2 – настільні; 3 – торшери; 4 – настінні; 5 – точкові; 6 – комплексне освітлення в інтер'єрі



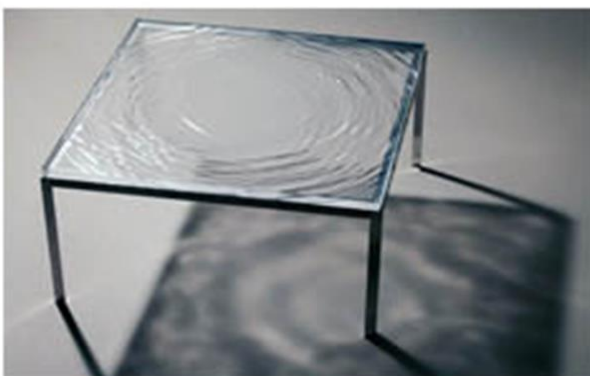
а) світлова ілюзія звичайного торшера в кімнаті;



б) ілюзія тіні від стільця, яку утворює опора;



в) ілюзія візуально проникного простору;



г) ілюзія води на поверхні журнального столика;

Рис. 87. Візуальні ілюзії в дизайні предметного середовища інтер'єру

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Лампа</p> | <p>Світлові труби</p> |
|  |  |
| <p>Підвісні світильники</p> | <p>Бра</p> |
|  |  |
| <p>Освітлення на шино проводах (траках)</p> | <p>Напільні світильники, торшери</p> |

Рис. 88. Предметне середовище. Різновиди інтер'єрних світильників

а) вело- та мототранспортні засоби;



б) декоративні поверхні для сидіння; та побутова техніка;



в) пульти для маніпуляцій різною технікою;



Рис. 89. Роль біоніки та біодизайну у формуванні технодизайну штучного предметного середовища



Світильник

Ергодизайн побутових речей з використанням **БІОНІЧНИХ** прототипів



Автомобіль



Посуд

Мала архітектурна форма



Комп'ютерна миша



Валіза

Рис. 89 (продовження)

Системи з високою щільністю розміщення елементів



- Використання теми стільникових структур в інтер'єрі



- пластика природних форм в дизайні



- складчатий стілець;



Рис. 90. Використання методів біодизайну в штучному формотворенні

Прототип



Модель



Предмет



Прототип



Модель



Предмет



Прототип



Модель



Предмет

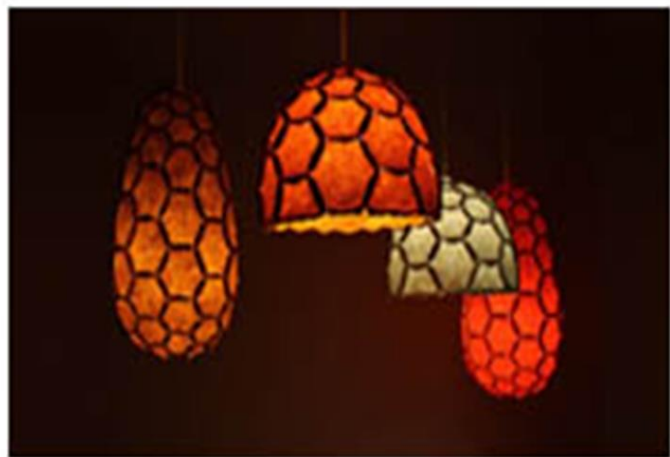


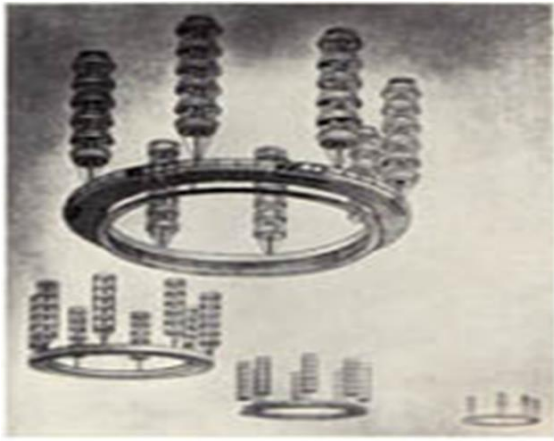
Рис. 91. Предметне середовище й архітектура



Рис. 92. Можливі перспективні напрями розвитку біоніки як методу моделювання в різних аспектах штучного формування простору

| | Взаємна нюансність криволінійних форм | | Взаємна контрастність криволінійних форм одне відносно одного | |
|---|--|---|--|---|
| Домінуючі вертикальні акценти (контраст) |  Прототип морських хвиль |  "Dynamic Tower". Арх. Девід Фішер |  Прототип розквітаючого бутона |  "Розквітаючий Дубай". Арх. Petra Architects |
| Комбінація і трансформація об'ємів |  Прототип сот бджіл |  "Башня 0-14". Арх. Джіз Рейзер |  Прототип палаючого вогню |  "Палаюча свічка". Арх. Thompson, Ventulett |
| Реалізація криволінійних ідей в вертикальній композиції фасадів |  Рух поверхів для підкреслення динаміки форми |  "Capital Gate". Арх. RMJM |  Рухи танцю в формах споруди |  "Танцюючі башти". Арх. Заха Хадід |
| Робота пластичних ліній по вертикалі і по горизонталі |  Структура гриба для створення єдиної форми |  "Канатна дорога Хунгербургбан". Арх. Заха Хадід |  Формування органічної вертикальної форми |  "Мэри-Окс". Арх. Норман Фостер |
| Використання біотектонічних ідей в інтер'єрі та екстер'єрі |  Принцип руху по колу для споглядання експозицій |  "Музей Гугенхайма". Арх. Ф. Райт |  Виступи гірських порід як прототип для будівлі |  Універсальний будинок-башта. Арх. moho architects |

Рис. 93. Біоніка в сучасній архітектурі



XX сторіччя



Яков Черніков. Місто майбутнього



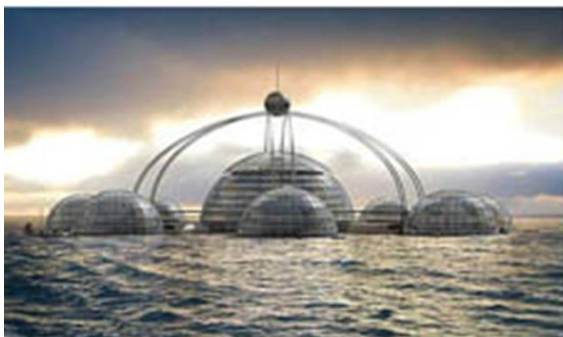
XXI сторіччя



Національний Музей Зайед.
Фостер і Партнери.



“Genetic Architecture” - м.Прага. Чехія



Майбутнє

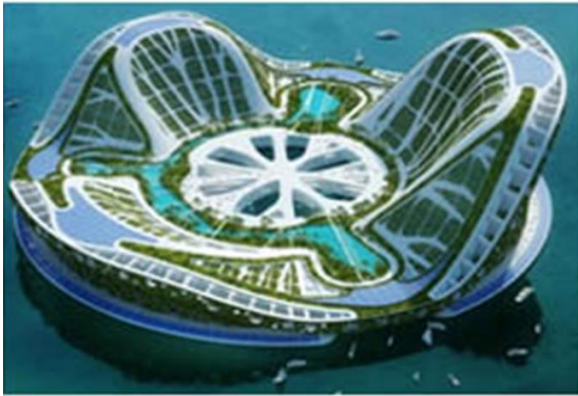


«Латаття» Вінсан Кальбо. Бельгія.

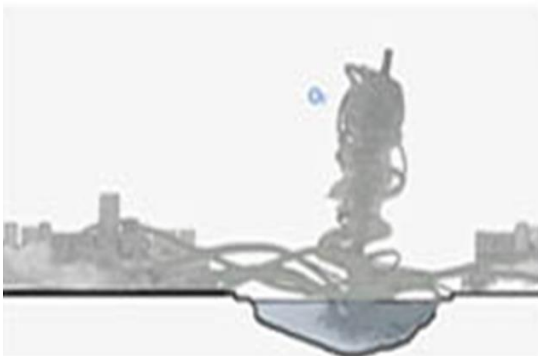
Рис. 94. Архітектура майбутнього, аркологія XXII ст.



а) "Fake hills" - житловий готельно-розважальний комплекс. MAD. Китай.



б) «Латагтя» – місто, що плаває. Вінсан Кальбо. Бельгія.



в) "Genetic Architecture" - проект розбудови міста з прийняттям за основу потоків повітря. м.Прага. Чехія.

Рис. 95. Місто майбутнього

Компактність



Сіті хол. Нова ратуша у Лондоні.
Фостер і партнери.



Зимові сади. Сінгапур. Gardens by the Bay.

Виразність



Рейхстаг. Берлін. Німеччина. Фостер
і Партнери.

Пластика



Офісна будівля. "Berlin Arch"
Гамбург. Німеччина.

Динамічність



Міленіум таур. Фостер і партнери.

Репрезентативність



Вежі у формі язиків полум'я.
Дубаї. АОЕ.

Рис. 96. Сучасні тенденції формотворення в архітектурі

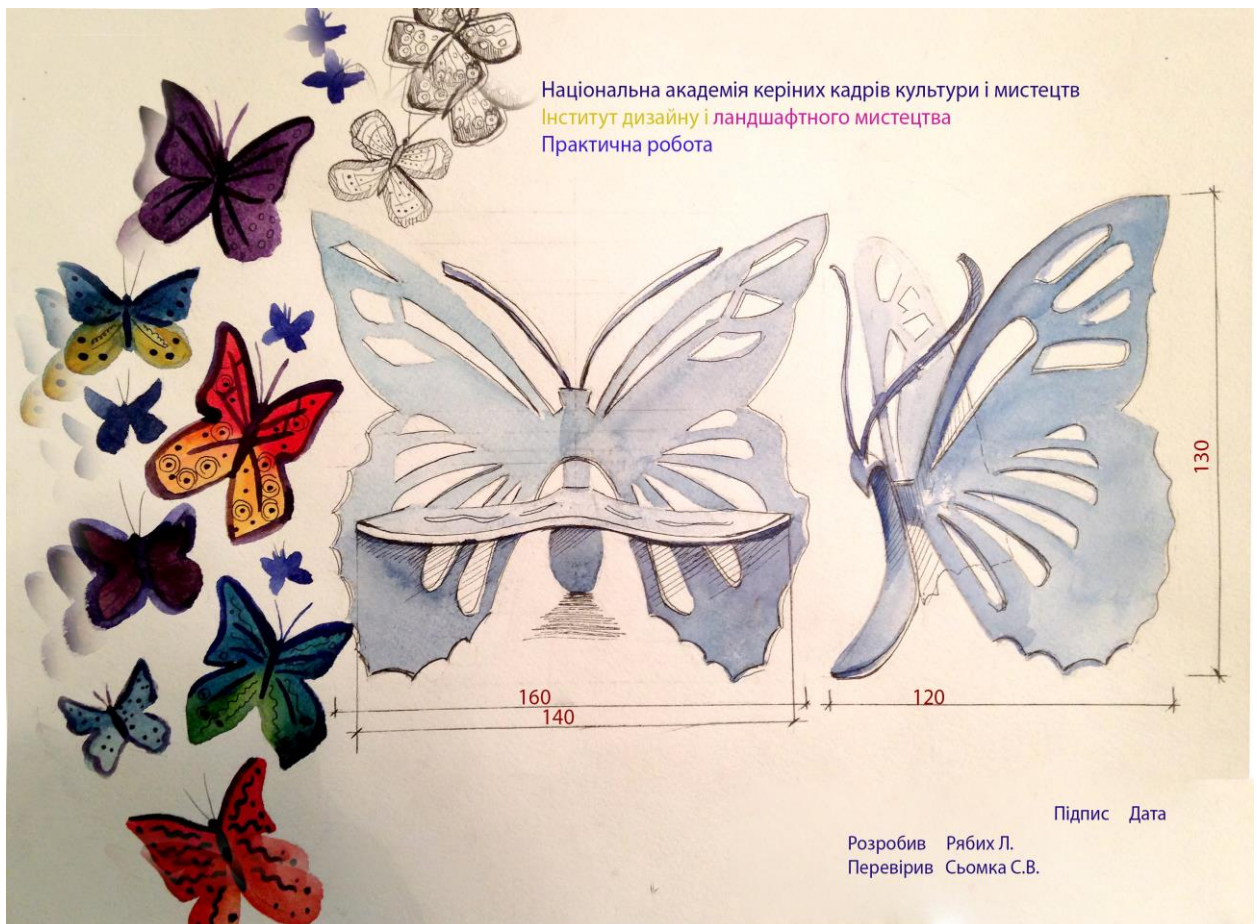
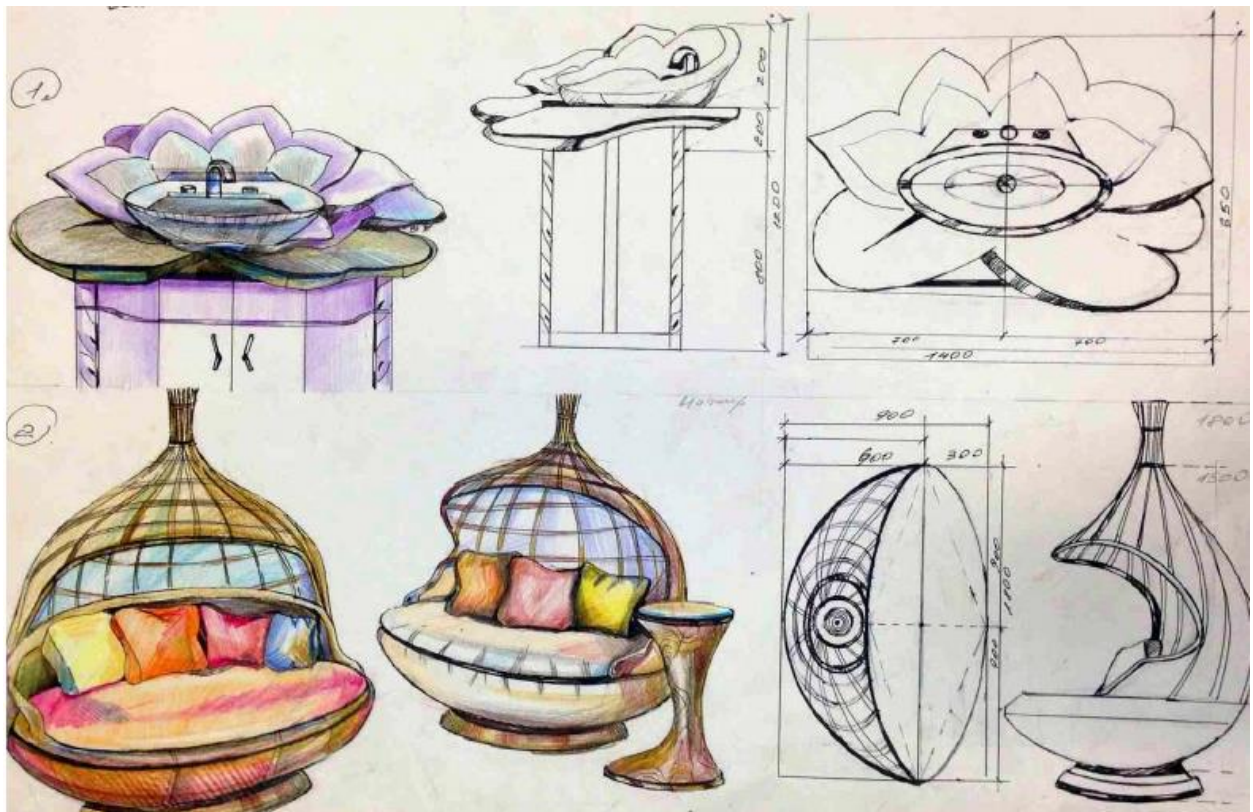


Рис. 97. Приклади студентських робіт на тему біодизайну місць для сидіння

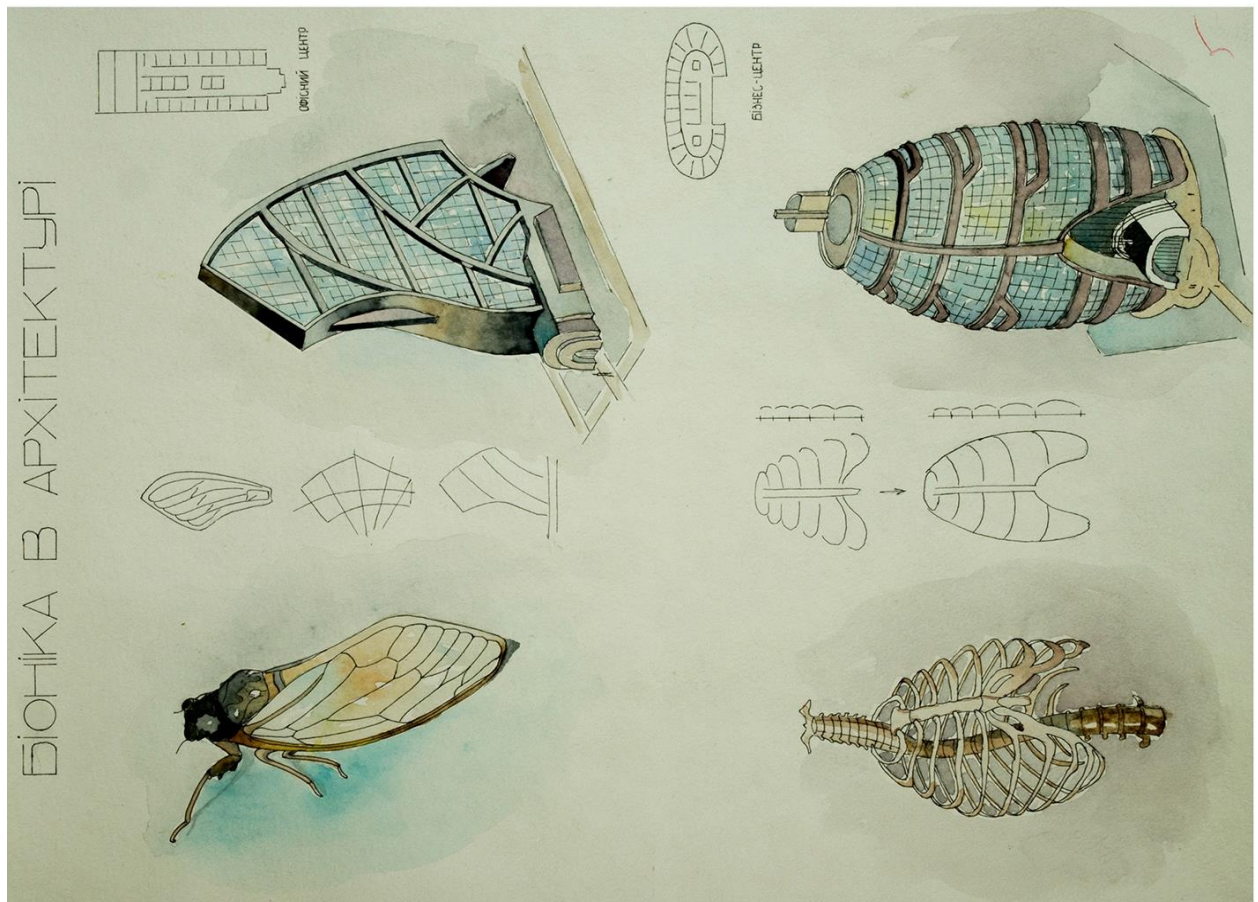
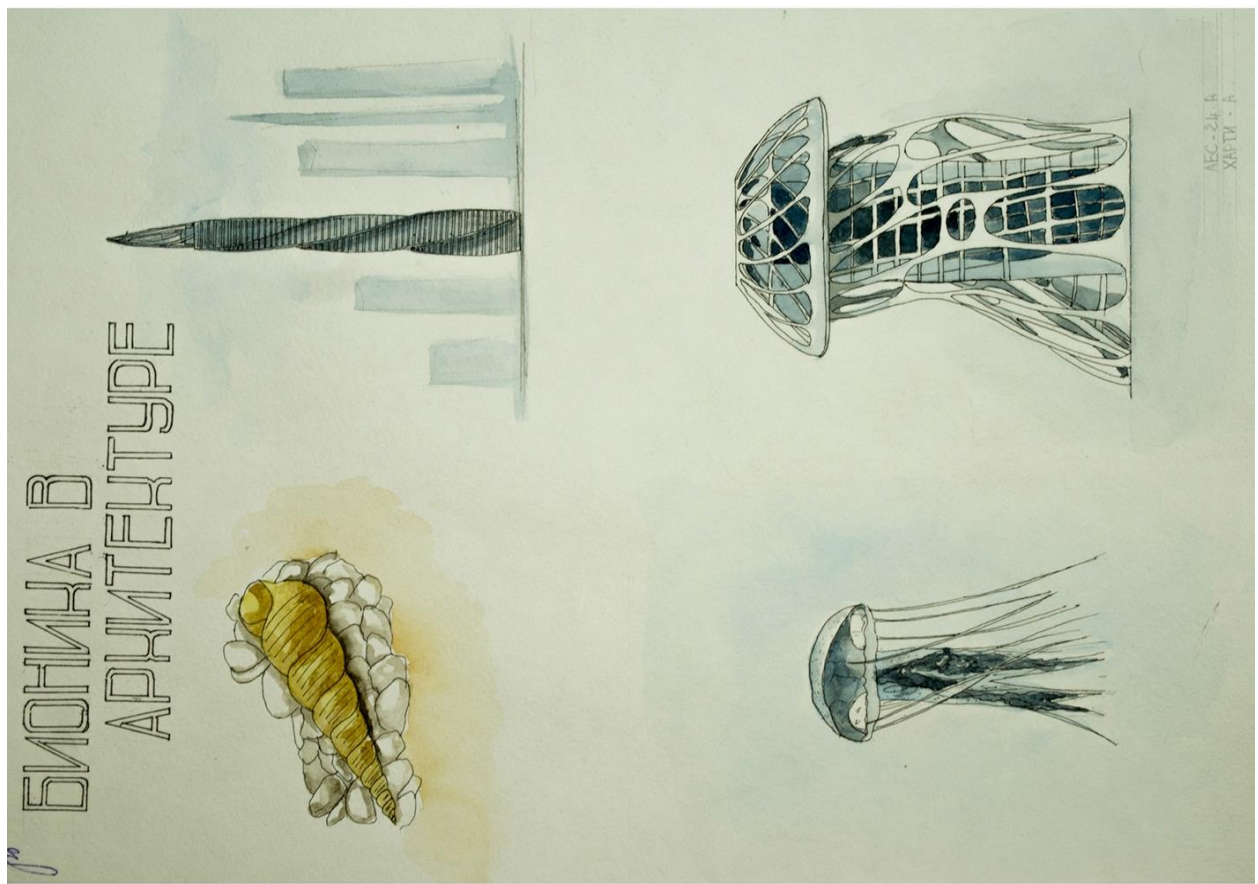


Рис. 98. Біоніка в архітектурі. Студентські роботи

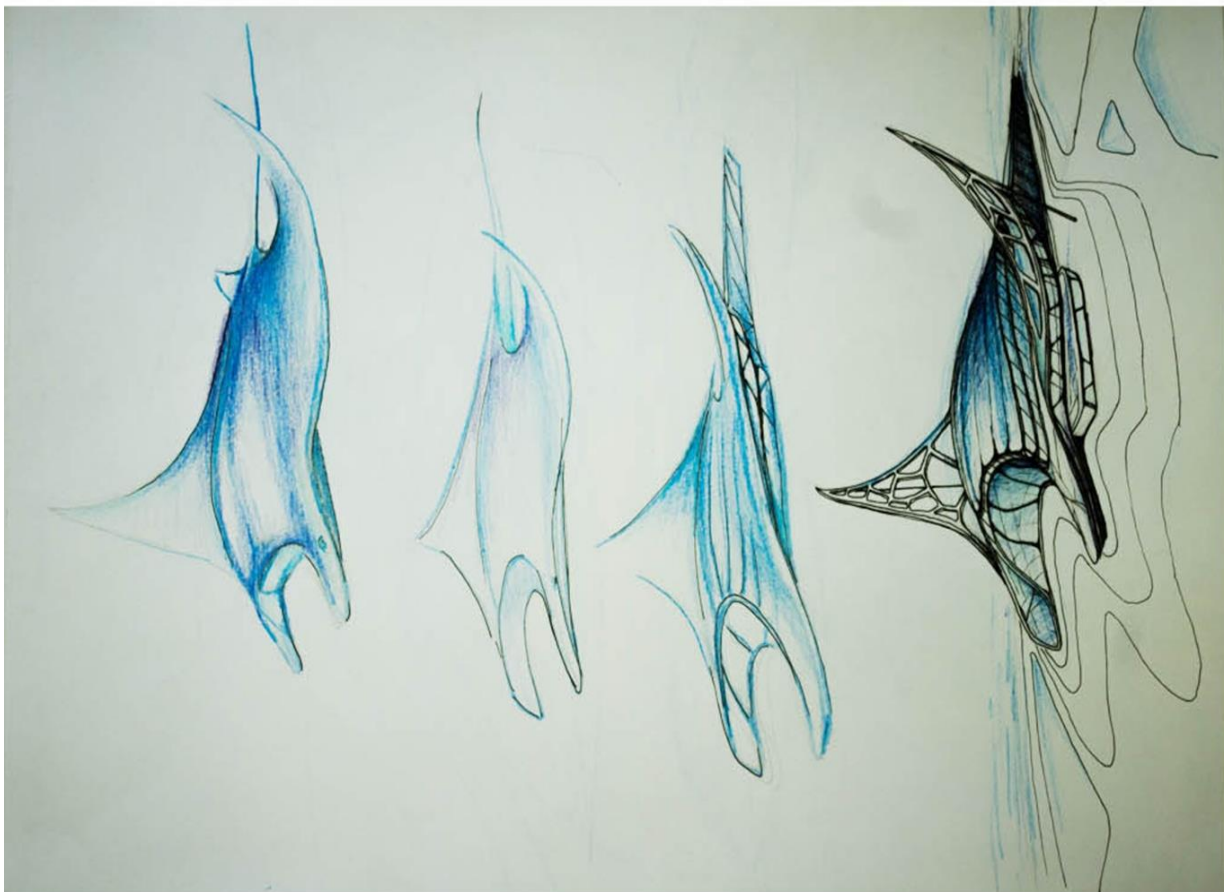


Рис. 99. Біопроекування: середовищний підхід (студентські роботи)



Рис. 100. Біодизайн ювелірних виробів (студентські роботи)

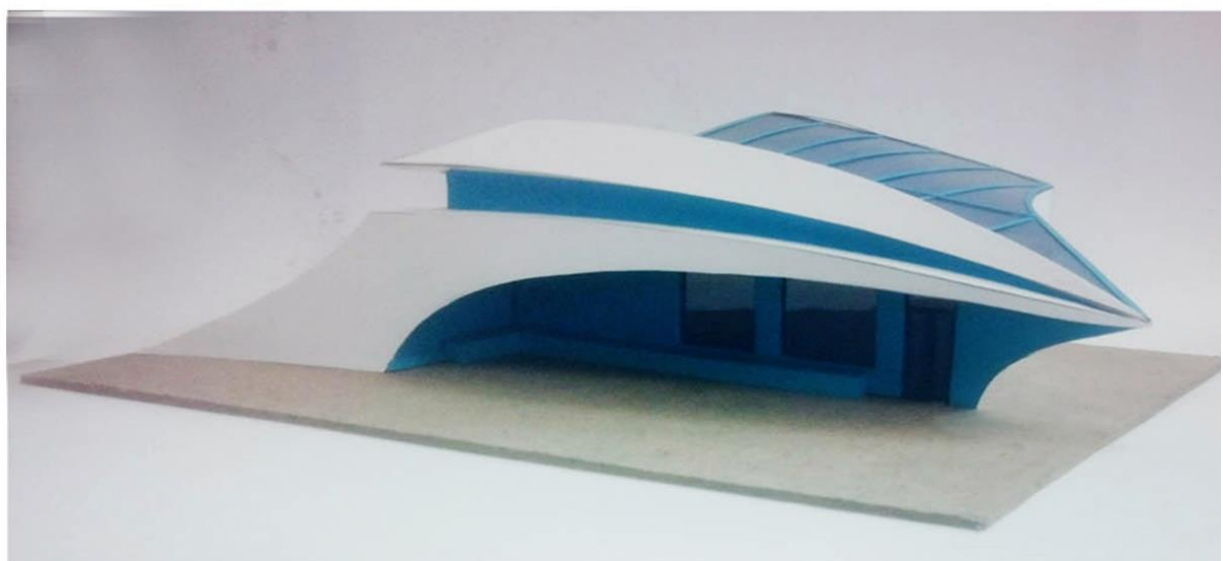
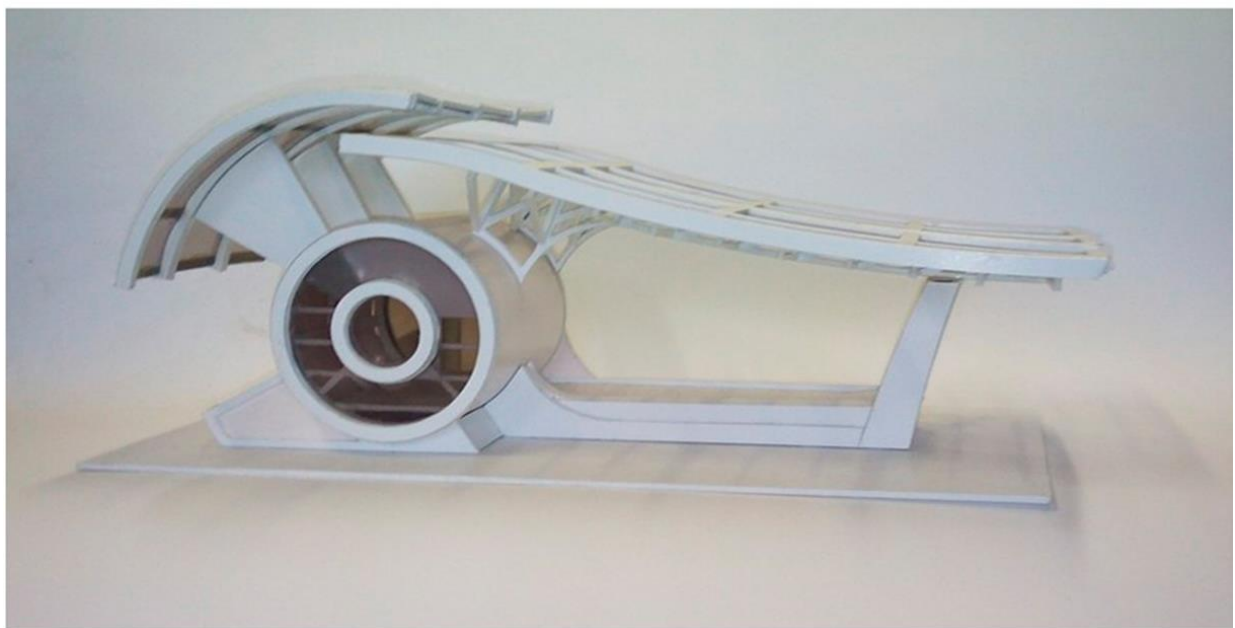
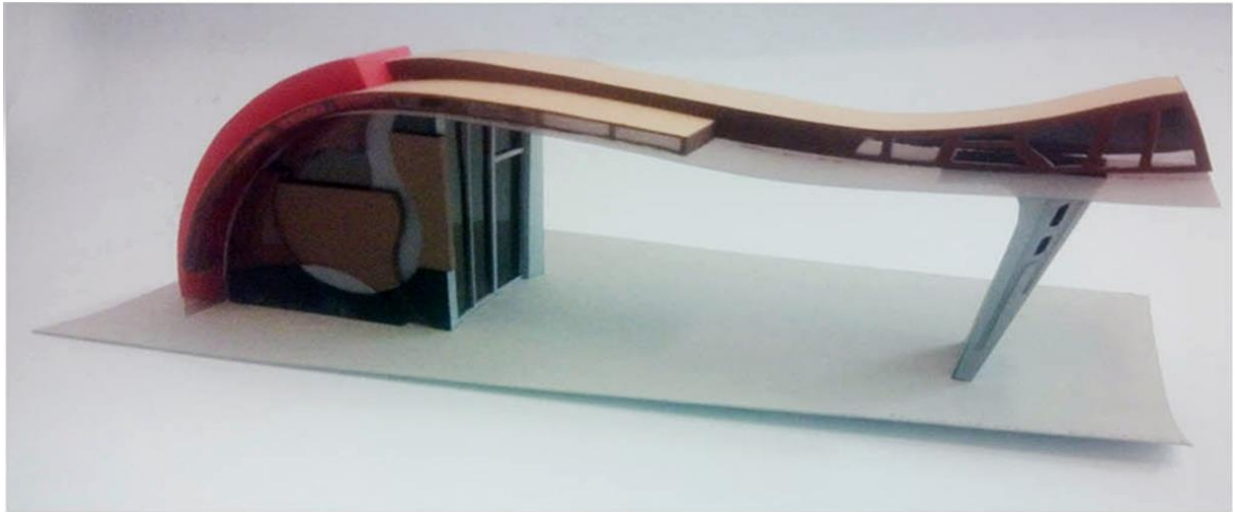
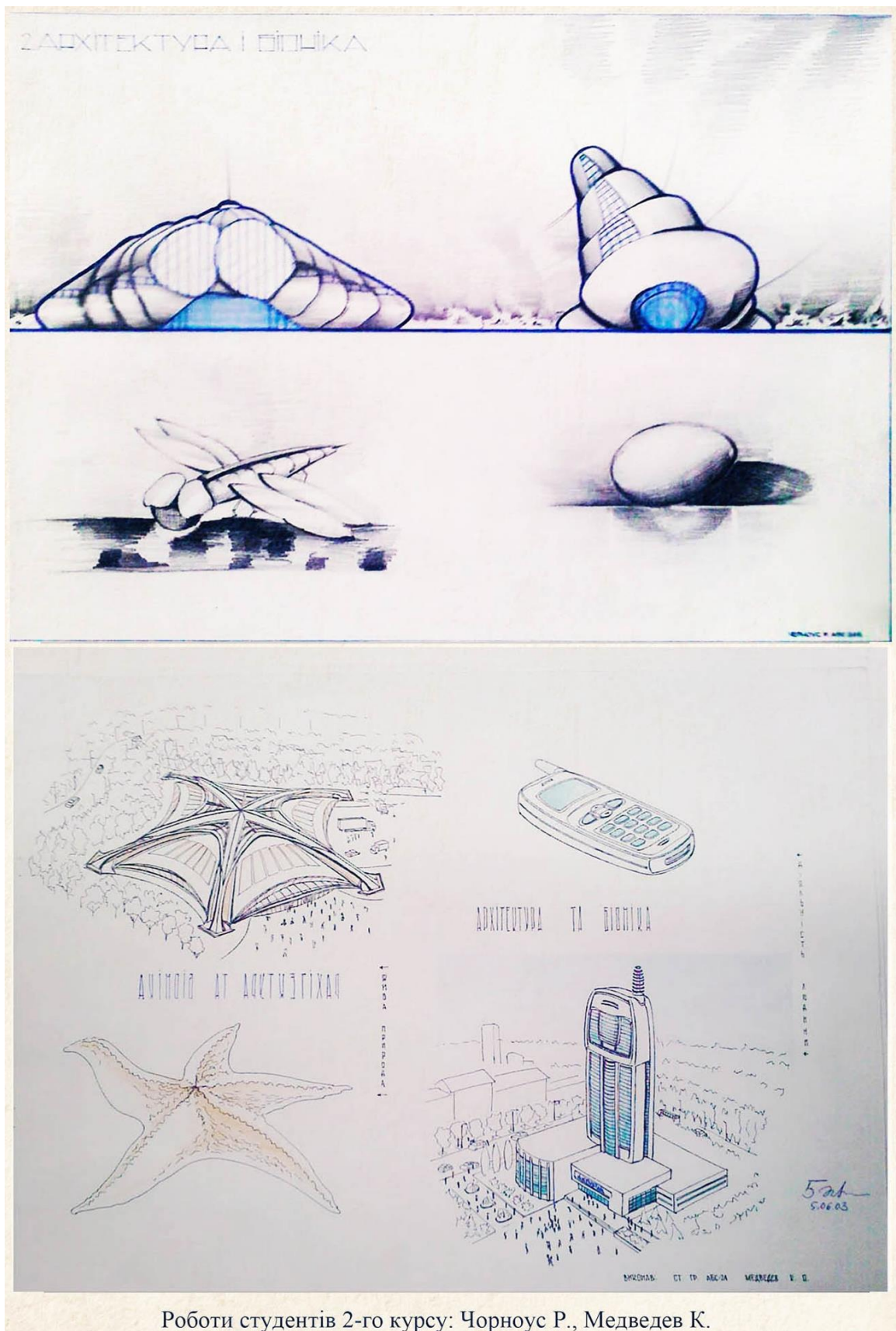


Рис. 101. Біомоделювання. Зупинка громадського транспорту
(студентські роботи)



Роботи студентів 2-го курсу: Черноус Р., Медведев К.

Рис. 102. Біотектонічне моделювання в архітектурі (студентські роботи)

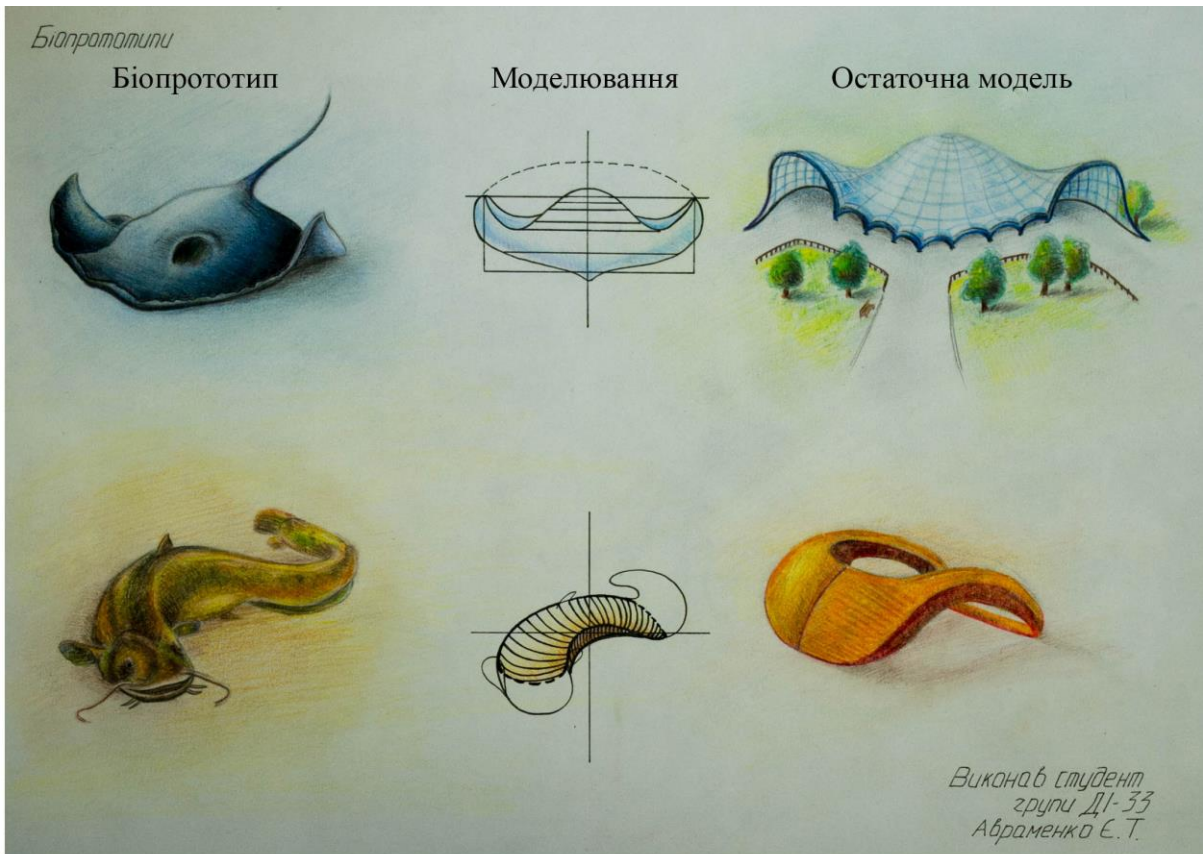


Рис. 103. Архітектура і біоніка (студентські роботи)

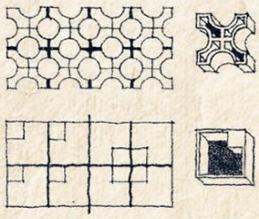
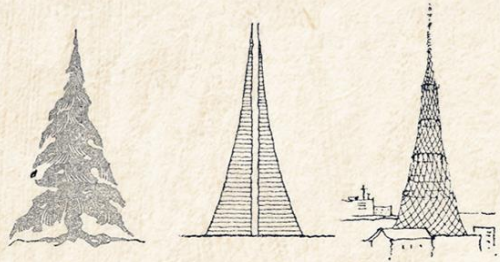
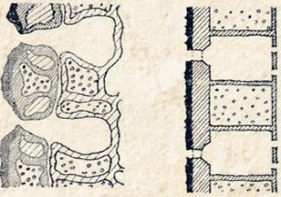
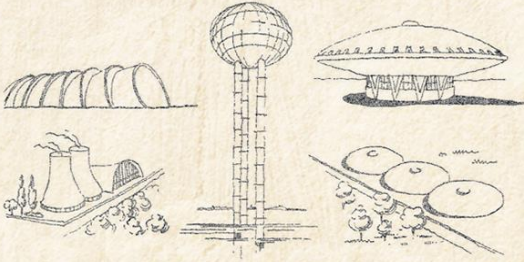
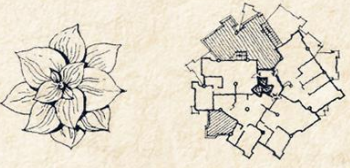
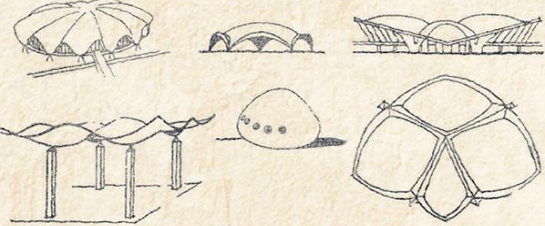
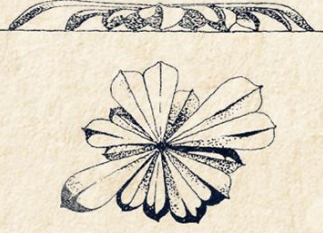
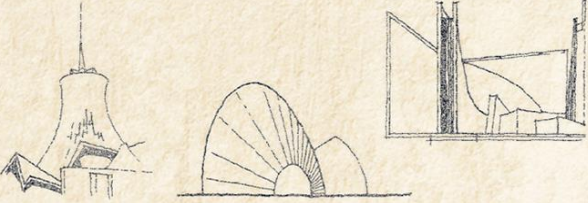

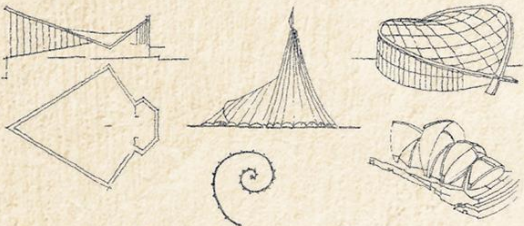
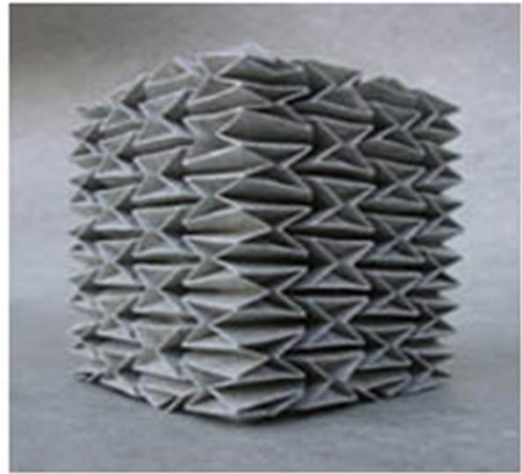
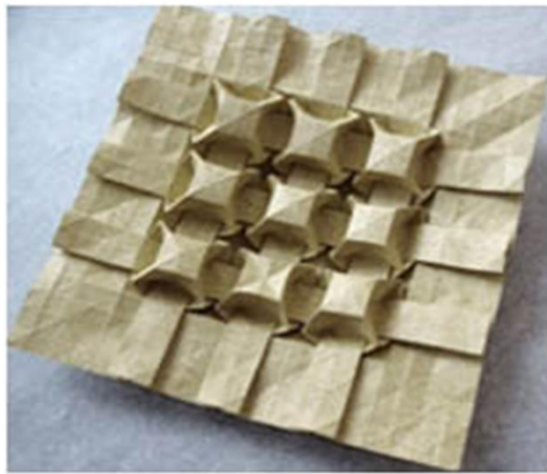
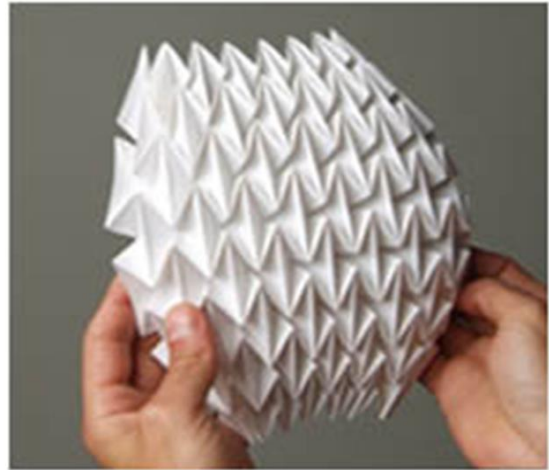
| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>"Дихаюча стіна" різних форм</p> | <p>Відображення тектонічного закону конуса в природі у формі радіобашт</p> |
|  |  |
| <p>Схема "дихаючої стіни", прототип - шкірка живих організмів</p> | |
|  |  |
| <p>Проект плану будівлі (арх. Лебедев)</p> | |
|  |  |
| <p>Вілла в вигляді квітки ламелі (арх. Мутнякович)</p> | |
|  |  |
| <p>Проект надувних палаток (арх. Лебедев)</p> | <p>Оболонки з формами, близькими до природніх</p> |

Рис. 104. Взаємозв'язок природи й архітектури (за дослідженнями О. О. Тіца)



а) Складки,
площинні
композиції



б) Об'ємно-просторові композиції



в) Фронтальні складчаті композиції

Рис. 105. Використання складок у різних видах композиції

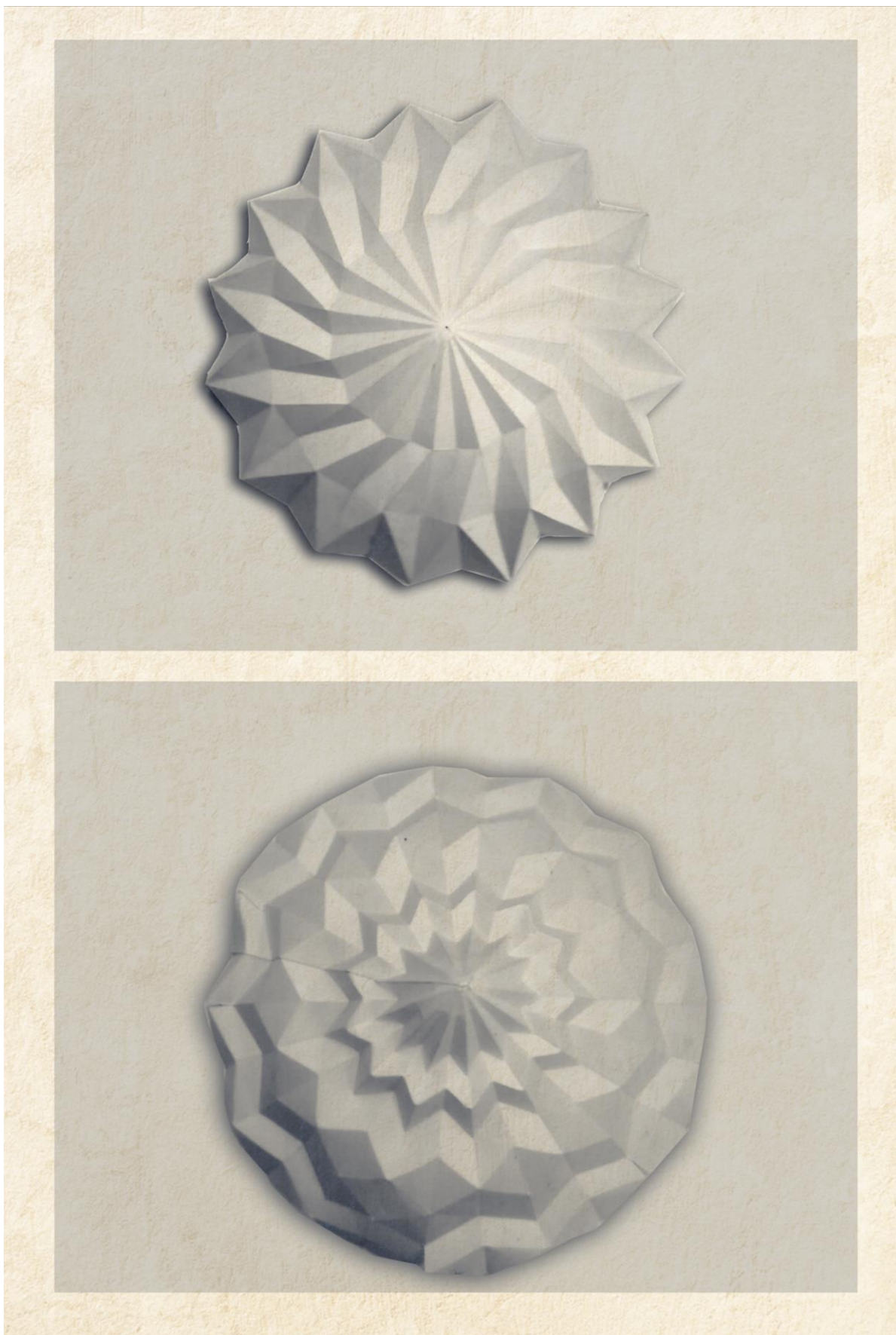


Рис. 106. Складчасті структури (студентські роботи)

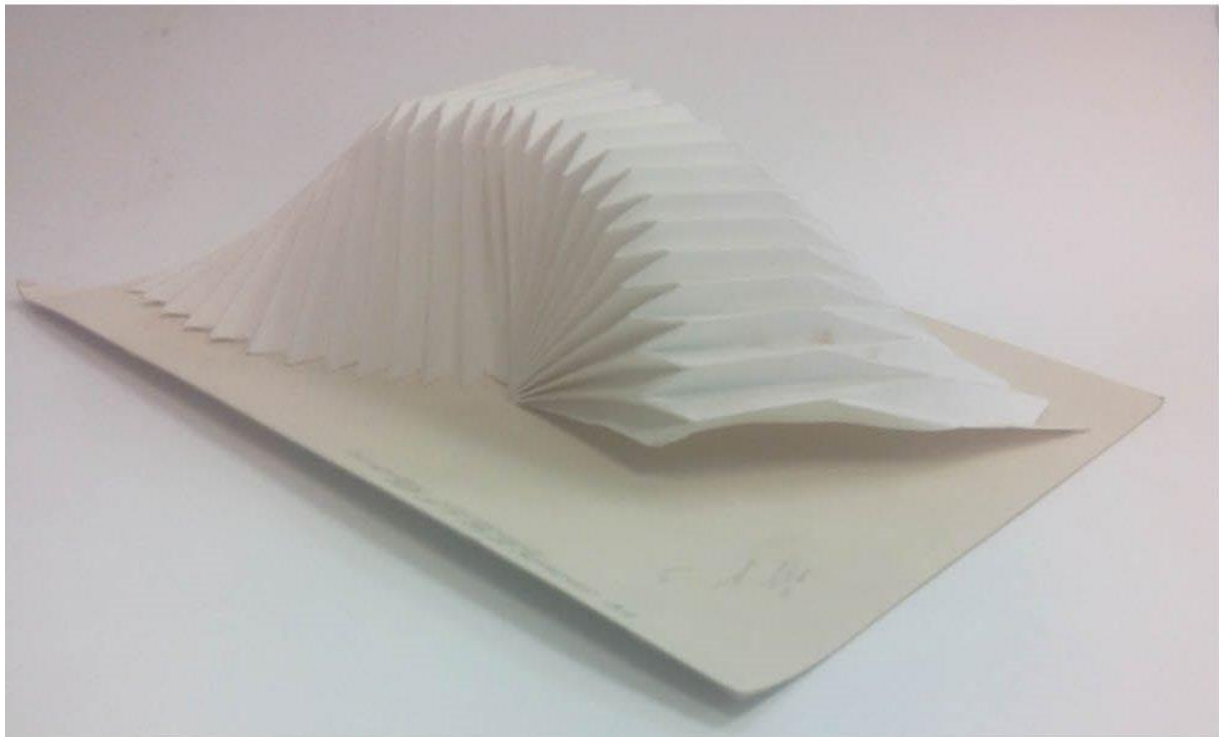
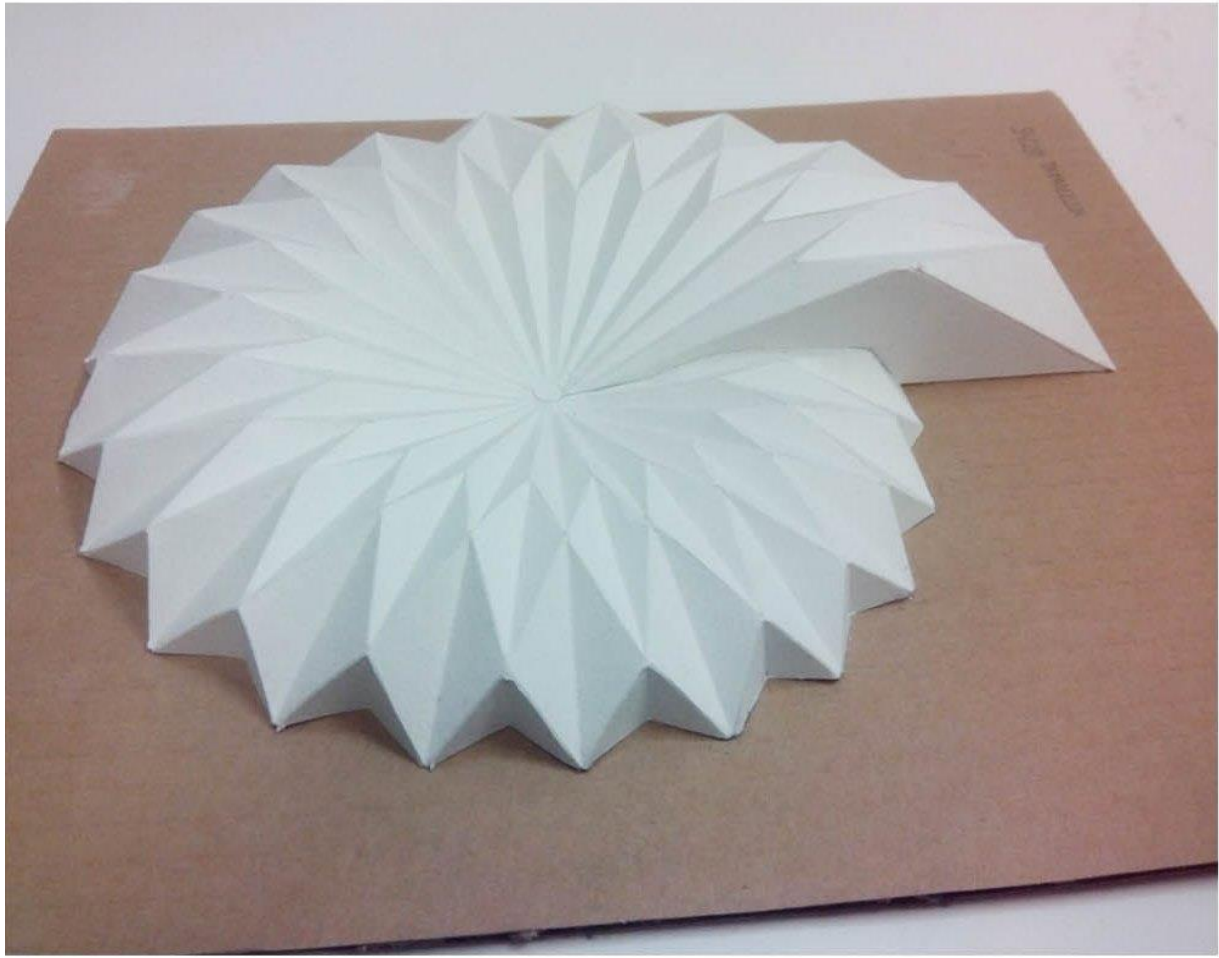


Рис. 107. Біотектонічне моделювання складок (студентські роботи)

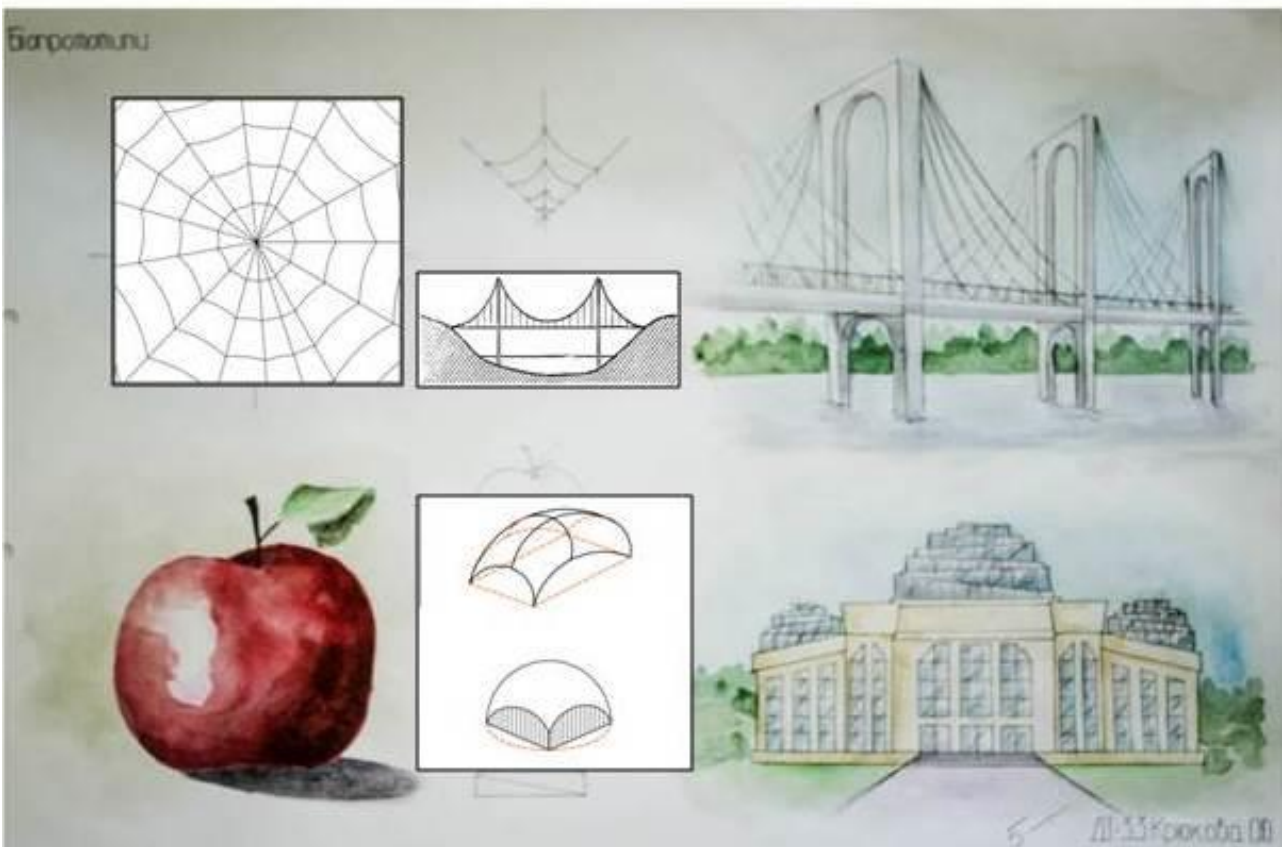


Рис. 108. Біомоделювання (студентські роботи)

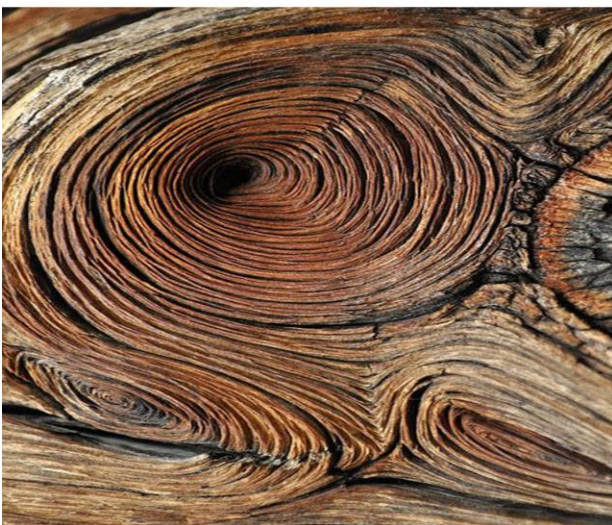


Рис. 109. Фактури різних поверхонь

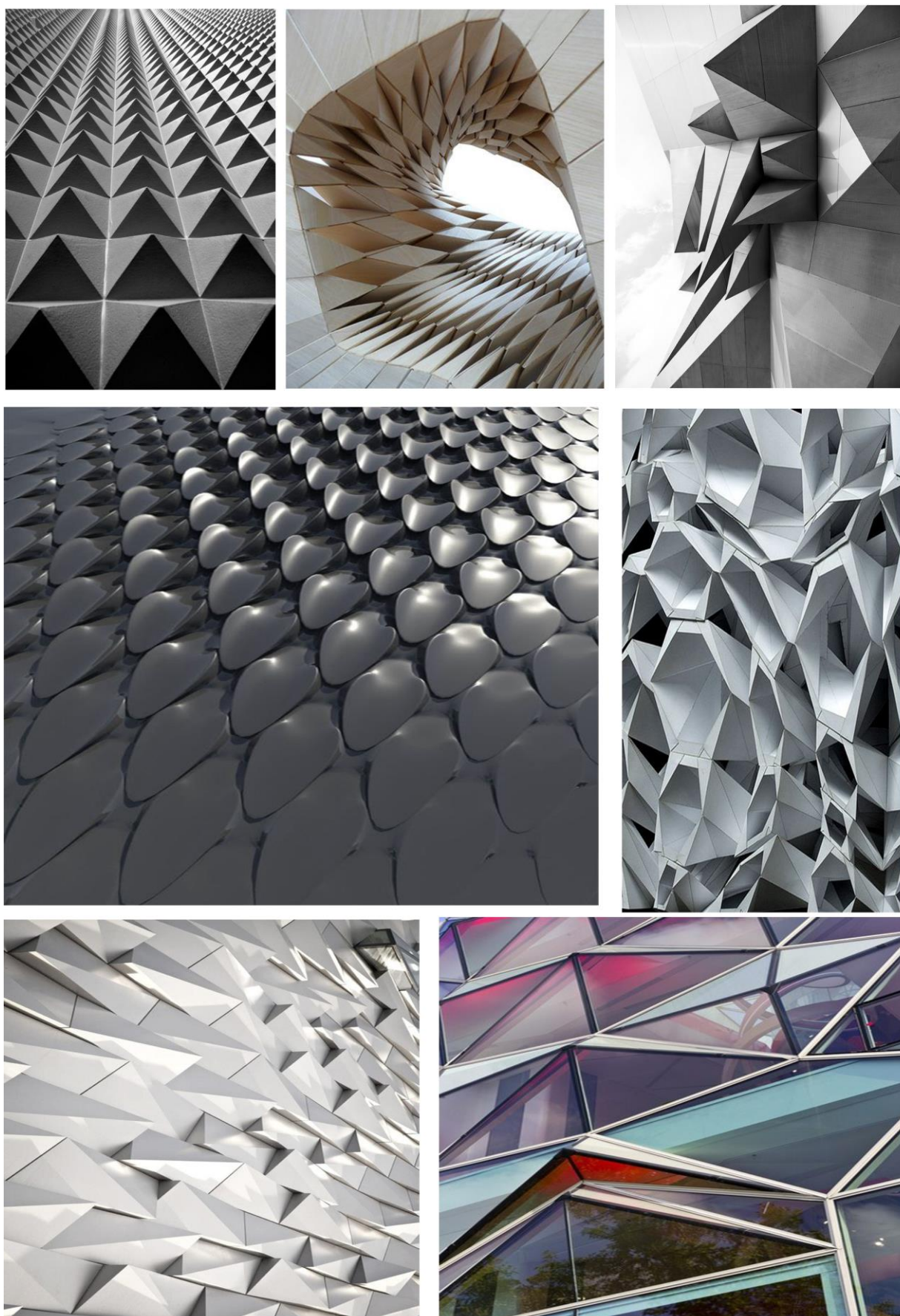


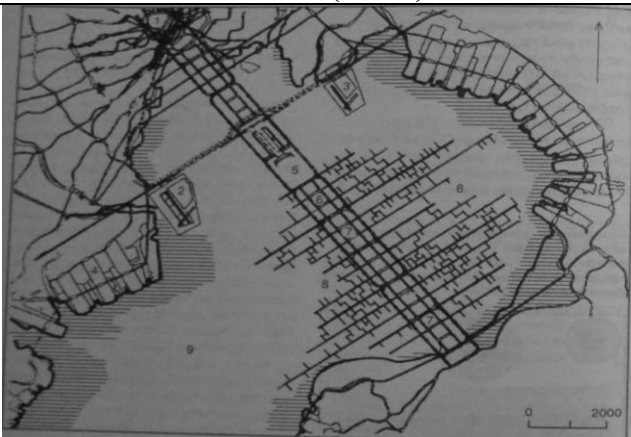
Рис. 110. Тектоніка і фактура поверхонь, запозичених у живій природі



Собор Святої Діви Марії, Токіо,
Японія (1964)



Національна гімназія Олімпійських ігор
1964 р. Токіо, Японія (1964)



План структурної реорганізації Токіо,
арх. Танге



Штаб-квартира Фуґі, Одайба, Токіо,
Японія (1996)



Спорткомплекс 1964р. арх. Танге,
Японія

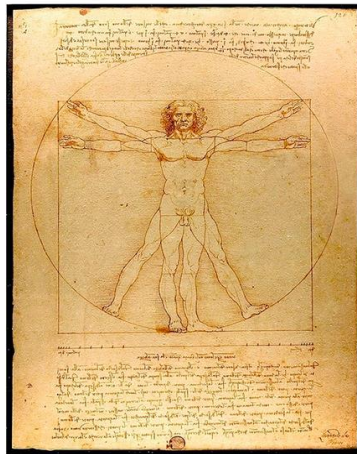


Олімпійський стадіон 1964р. арх. Танге,
Токіо

Рис. 111. Мотиви живої природи творчості Кензо Танге



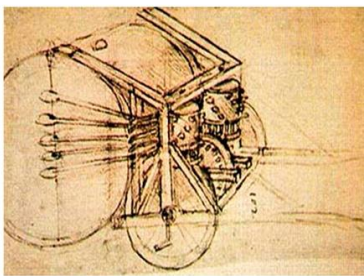
Скорострільна зброя



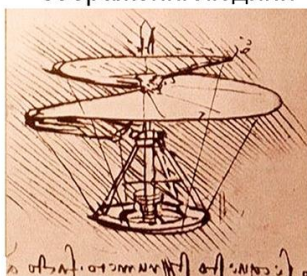
Золотий перетин в зображенні людини



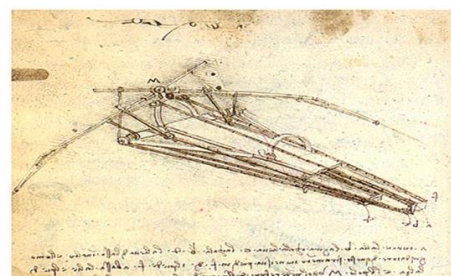
Парашут



Військовий барабан



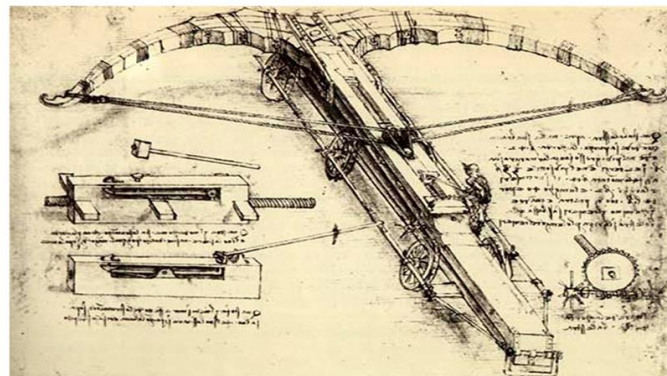
Літальний апарат



Креслення літальної машини



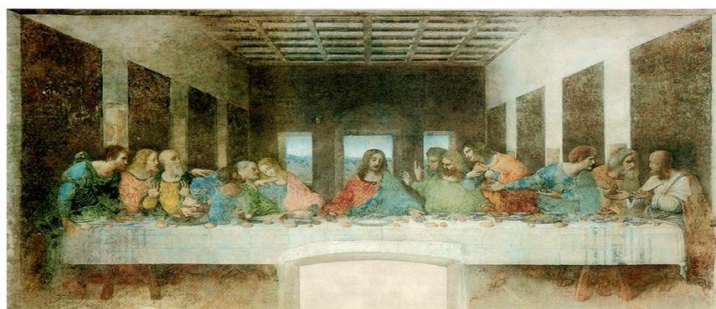
Військова машина



Арбалет



Автомобіль

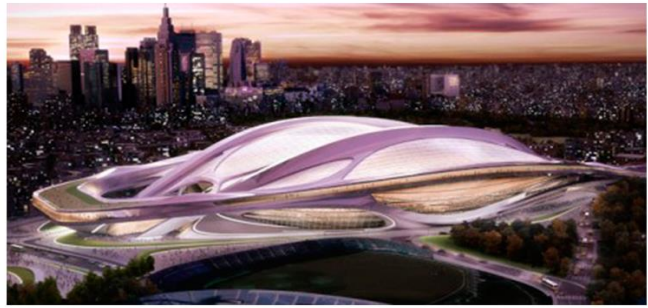


«Тамна вечеря» (1498)

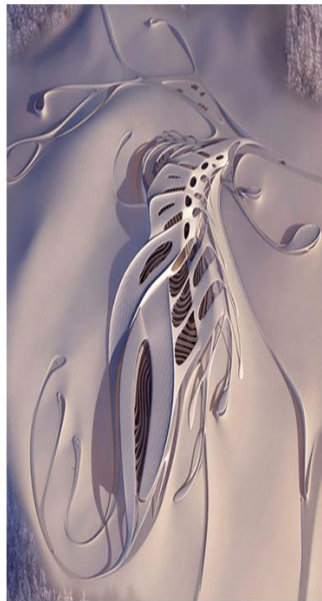
Рис. 112. Ергономічні основи формотворчої і інженерної діяльності Леонардо да Вінчі



Архітектура світу З.Хадід



Японський національний стадіон
З.Хадід



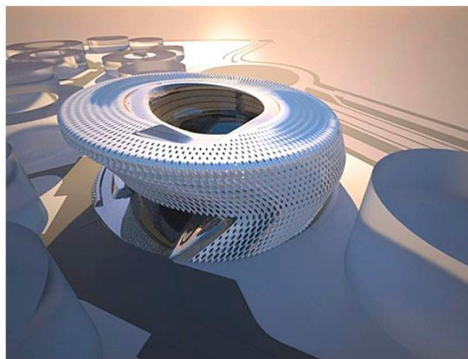
Медичний центр
Сара Шнайдер



Центр Водних видів спорту.
Лондон З.Хадід



Центр Гейдара Алієва
З.Хадід



Комплекс для водних видів
спорту. З.Хадід



Пустельний оазис.
З.Хадід



З.Хадід . Люстра



Будівля-айсберг музей
З.Хадід в Глазго

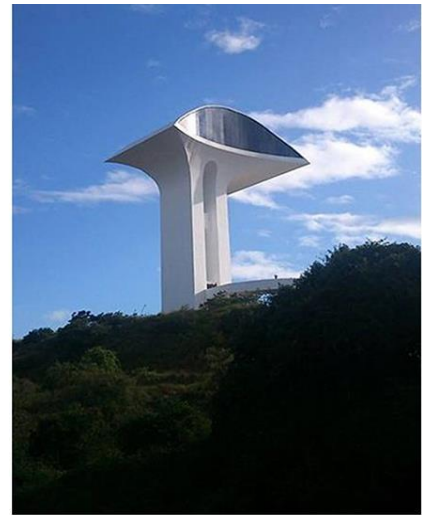


Проект Rabat Grand
Theatre З. Хадид

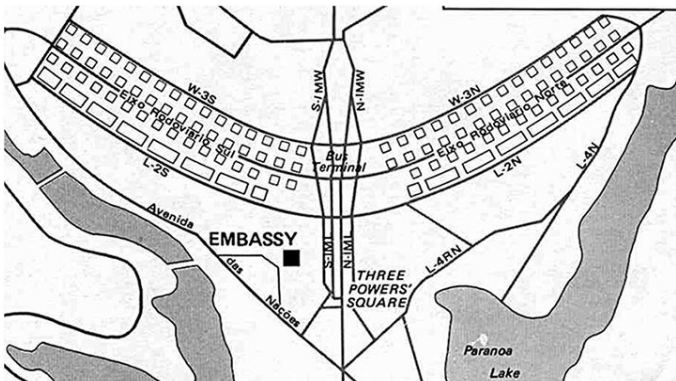
Рис. 113. Пластичність архітектурних форм, запозичених у живої природи у творчості Заха Хадід



а)



б)



в)

Оскар Німейєр:
 а) Майдан Трьох Влад.
 м.Бразилія.
 б) Natal City Park Tower. Натал.
 в) Генплан міста Бразилія. 1956
 г) Музей сучасного мистецтва
 Нітерой. Ріо де Жанейро.
 д) Кафедральний собор Бразилії.
 ж) Інтернаціональний
 культурний центр. Іспанія.

г)



д)



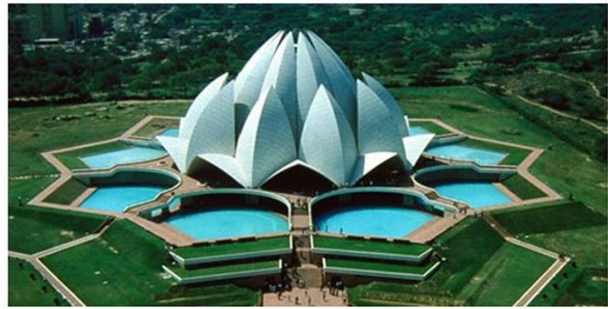
ж)



Рис. 114. Присутність мотивів живої природи творчості Оскара Німеєра



Парк «Лотос» Studio 505, Китай.



Храм Лотос (Храм Бахаї). арх. Фаріборз Сахба. Делі, Індія.



"City in the sky" Цветана Тошкова.
Нью-Йорк, США.



Motisons Tower. Офісна будівля.
Джайпур, Індія.



Спроткомплекс. 1964. Кензо Танге. Кагава, Японія.



Собор Святої Марії. Кензо Танге.
Токіо, Японія.



Олімпійський стадіон 1964. Кензо Танге. Токіо, Японія.

Рис. 115. Вплив біоформ на створення архітектурних образів



Фонтан Парку Цитаделі, Барселона, Іспанія (1875 - 1881 рр.)



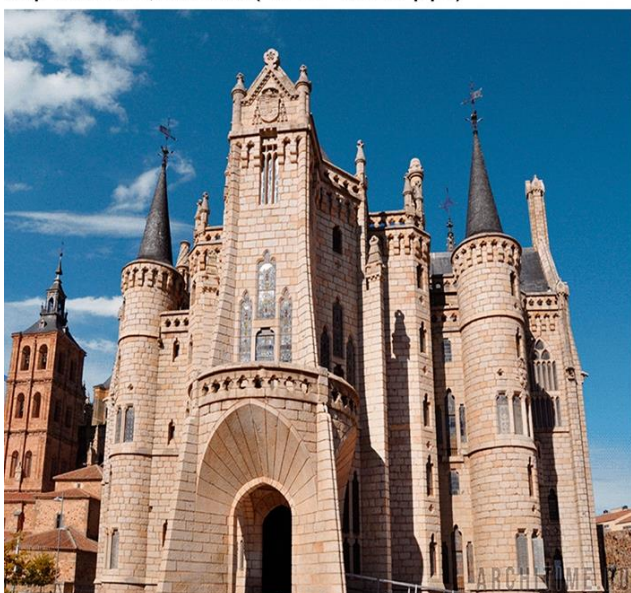
Будинок Вісенс, Барселона, Іспанія (1883-1888 рр.)



Собор Саграда Фамілія, Барселона, Іспанія (1883-1926 рр.)



Палац Гуель, Барселона, Іспанія (1886-1889 рр.)



Єпископський палац, Асторга, Іспанія (1889 - 1893 рр.)



Будинок Бальо, Барселона, Іспанія (1904-1906 рр.)

Рис. 116. Пластичність форм в архітектурній творчості Антоніо Гауді



Центр Renault, Суїндон,
Великобританія(1980-1982 рр.)



Вежа Тисячоліття, Токіо, Японія (1989)



Музей американських повітряних
сил, Кембридж, Великобританія
(1987-1997 рр.)



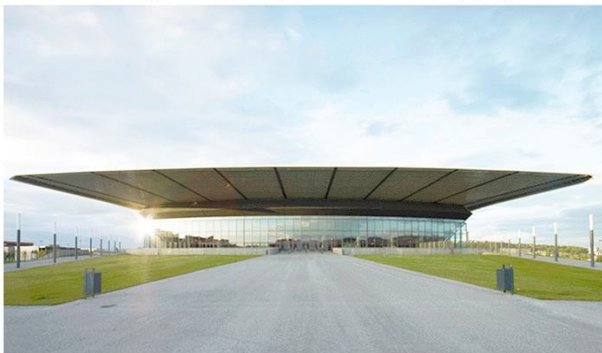
Стадіон Уемблі, Лондон, Великобританія
(1996-2007 рр.)



Конференц-центр SECC, Глазго,
Великобританія (1995-1997 рр.)



Розважальний центр Хан Шатир, Астана,
Казахстан (2006-2010)



Концертний зал Zenith, Сент-Етьєн,
Франція (2004-2008 рр.)

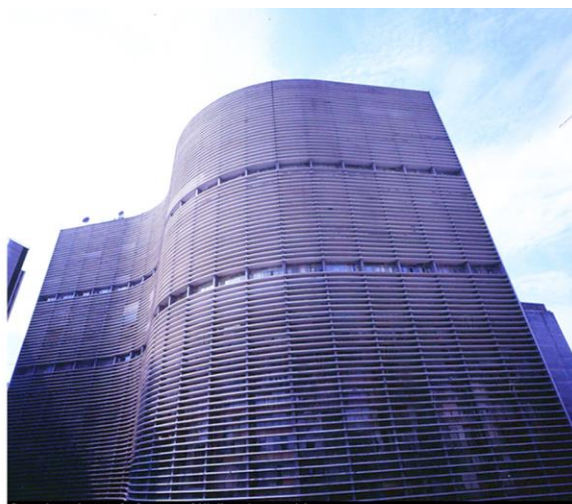


Адміністративно-офісна будівля
Swiss Re HQ, Лондон, (1997-2004 рр.)

Рис. 117. Колаж за мотивами архітектурної творчості Нормана Фостера



Палац уряду. Бразилія. (1960)



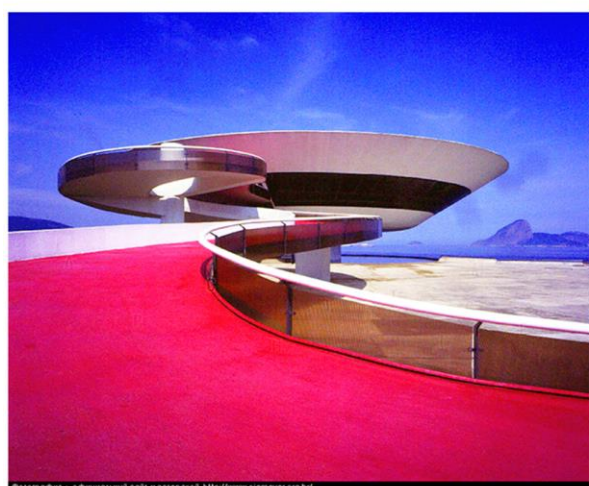
Житловий будинок "Копан". Сан-Паулу, Бразилія. (1951-1965 рр.)



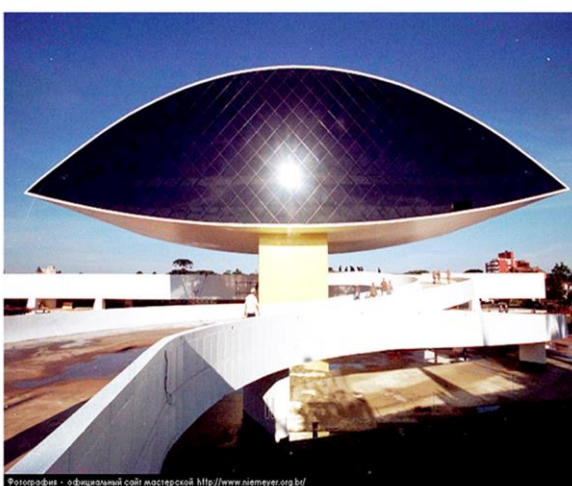
Кафедральний собор міста Бразилія. (1960-1970 рр.)



Пантеон Вітчизни і Свободи. Бразилія. (1985 р)



Музей сучасного мистецтва. Нітерой, Бразилія. (1996)



Музей Оскара Німейєра, Курітіба, Бразилія. (2001-2002 рр.)

Рис. 118. Біомоделювання форм за мотивами творчості Оскара Німейєра



Будинок Армії Порятунку, Париж, Франція (1926-1928 рр.)



Будинок Центросоюзу в Москві (1928-1933 рр.)



Вілла Савой, Пуассі, Франція (1929-1931 рр.)



Мануфактура Claude & Duval в Сен-Дьє, Франція (1946-1951 рр.)



Каплиця Нотр-Дам-Дю-О, Роншан, Франція (1950 - 1955 рр.)

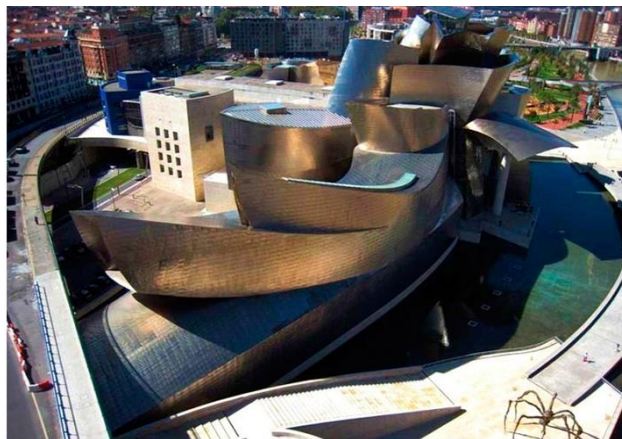


Павільйон Philips для Ехро'58, Бельгія (з Iannis Xenakis) (1958 р)

Рис. 119. Розвиток форм в архітектурній творчості Ле Корбюзьє



Музей MARTa (Херфорд ,
Німеччина, 2005)



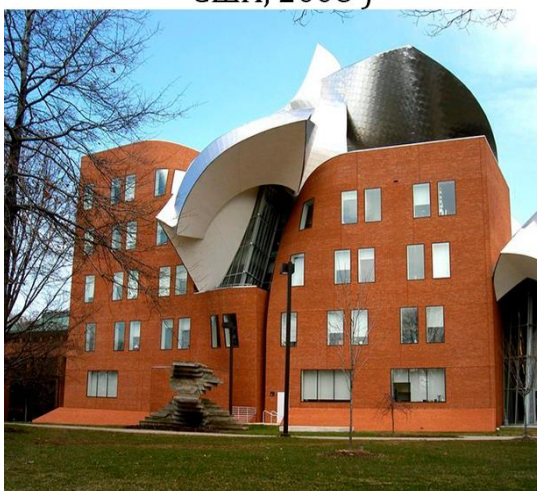
Музей Гуггенхайма (Більбао ,
Іспанія , 1997 р)



Бікмаєв Тауер (Нью -Йорк ,
США, 2008)



Зал Уолта Діснея (Лос -Анджелес ,
США, 2003)



Публічна бібліотека ім. Пітера
Льюїса (Клівленд, США, 2002)



Музейно - виставковий комплекс ЕХМР
(Сіетл , США, 2000)

Рис. 120. Пластичність форм в архітектурній творчості Френка Гері



АБВГДЕЖЗИЙКЛМН
123456789



АБВГДЕЖЗИЙКЛМ
123456789

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПQR
123456789



АБВГДЕЖЗИЙКЛМ
123456789

АБВГДЕЖЗИЙКЛ
123456789

А В С D E F G H I J
123456789



АВСДЕFGHIJKLMN
123456789

Рис. 121. Приклади шрифтів і їх взаємозв'язок з архітектурними формами різних стилів

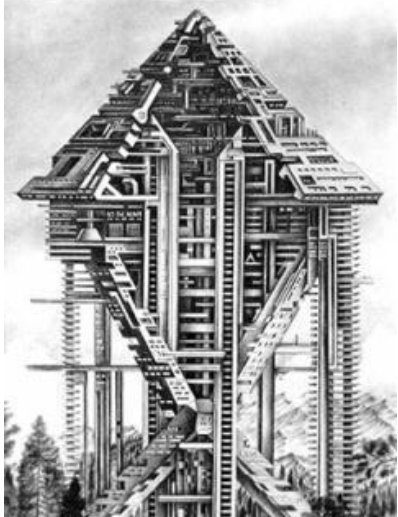
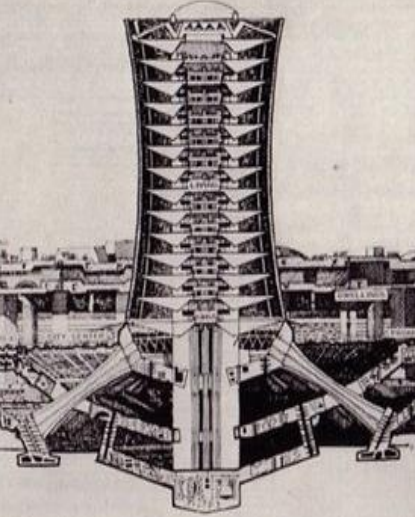
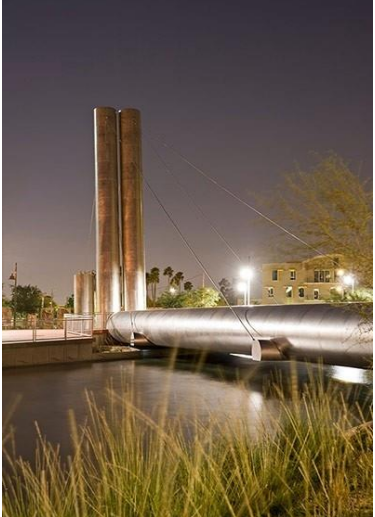

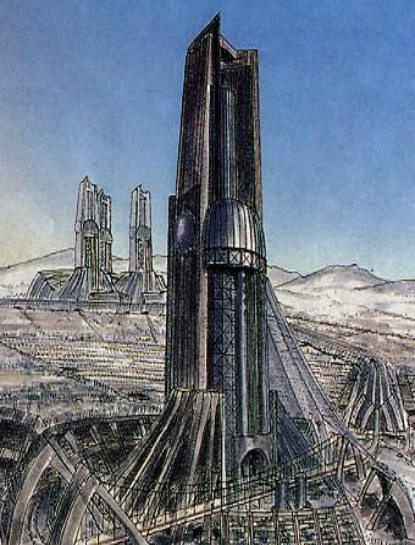


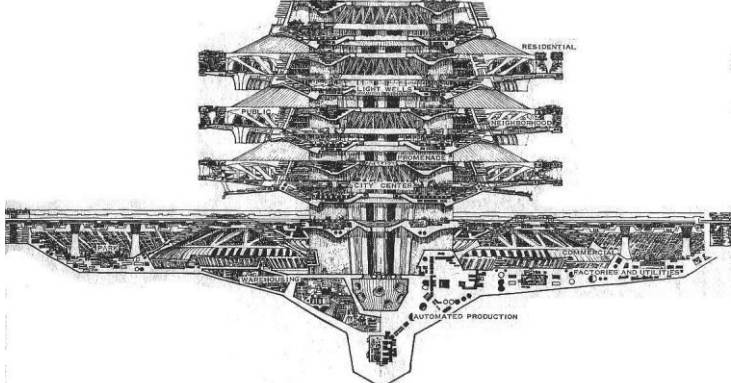
| | | |
|---|--|--|
|  |  |  |
| <p>Шестигранне місто</p> | <p>Концепт одного з екологічних проєктів</p> | <p>Пішохідний міст в Скоттсдейл</p> |
|  |  |  |
| <p>Проект “Хайпер Білдінг”</p> | <p>Проект “Міленіум тауер”</p> | <p>Театр в Токіо</p> |
|  |  | |
| <p>Проект Театру</p> | <p>Аркологія. Проект міста майбутнього</p> | |

Рис. 122. Формотворчі пропозиції Паоло Солері з формування міста майбутнього



Біонічні фантазії
ПАОЛО
СОЛЕРІ
на тему міста
майбутнього
Італія

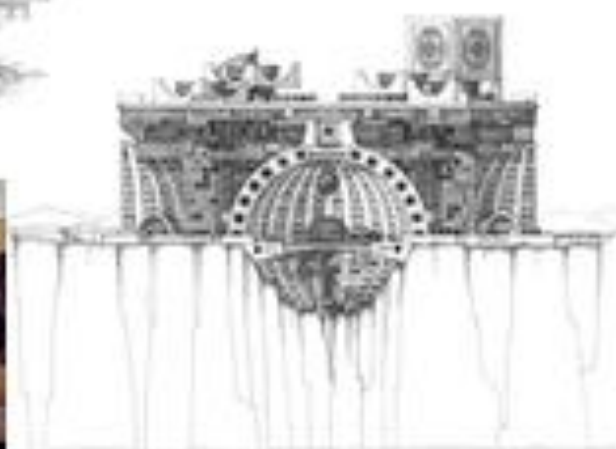


Рис. 122 (продовження)



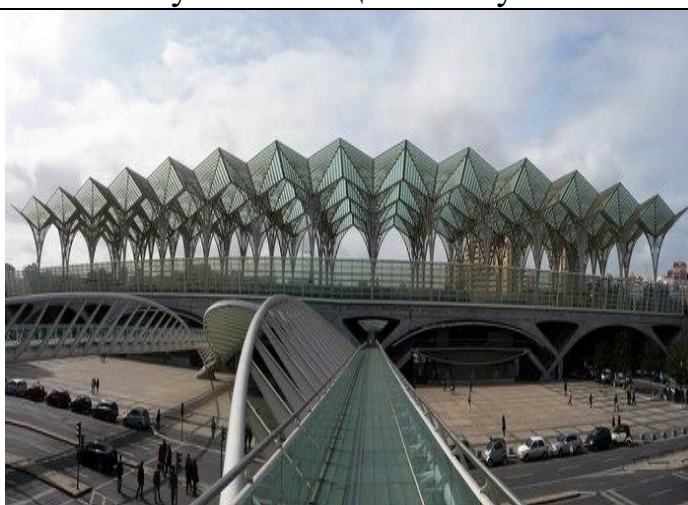
Вокзал Орієнте в Лісабоні



Музей мистецтв в Мілуокі



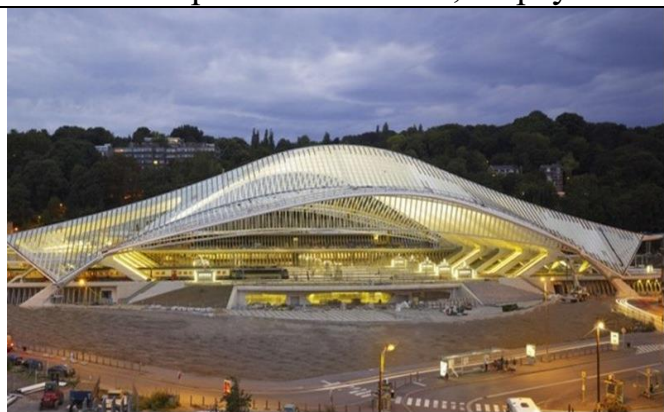
Новий проект



Вокзал "Орієнте". Лісабон, Португалія



Проект кінотеатра Аймакс



Вокзал Льєж-Гійемен в Бельгії

Рис. 123. Біонічні об'ємні структури в організації простору арх. С. Калатрава



Залізнична станція Лон-Сент-Екзюпері у Франції



Місто Мистецтв і Науки Валенсії

**Мотиви
біотектонічного
моделювання
архітектури**
САНТ'ЯГО
КАЛАТРАВИ
Іспанія



Місто Мистецтв і Науки Валенсії



Концертний зал Тенеріфе в Іспанії



Палац мистецтв королеви Софії в Іспанії



Вокзал Орієнте в Лісабоні

Рис. 123. Колаж робіт С. Калатрава (продовження)

Для нотаток

Навчальне видання

Сьомка Сергій Володимирович

БІОНІКА

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальна за випуск
Редагування
Комп'ютерне верстання
За науковою редакцією

О. І. Бугайова
С. М. Суходольська
Т. В. Кравченко
проф. Є. А. Антоновича

Підп. до друку 17.02.2016 р. Формат 60×84 1/16. Папір др. апарат.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 28. Зам. 4. Наклад 300.

Видавець і виготівник

Національна академія керівних кадрів культури і мистецтв
01015, м. Київ, вул. Лаврська, 9

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої
справи ДК № 3953 від 12.01.2011.